



DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**MINITURBI**  
**Estudio en Energía Eléctrica Alternativa  
por medio de un Aerogenerador**

**Javier Aguirre Contreras**

Tesis para optar por el  
**Grado de Maestría en Diseño**  
**Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías**

Miembros del jurado:

**Mtro. Carlos Angulo Alvarez**  
*Director de Tesis*

Dr. Emilio Martínez de Velasco y Arrellano  
Dr. José Roberto García Chávez  
Mtro. José Alberto García Aguilar  
Mtro. Raúl Vicente Galindo Sosa

México DF.  
Noviembre de 2012

## **DEDICATORIA**

A mis padres; Javier Aguirre Muñoz e Hilda Arcelia Contreras Guzmán, por su inspiración y ejemplo, cuyo amor incondicional me conforta en cualquier situación.

A mis hermanas; Elizabeth Aguirre Contreras y Diana Aguirre Contreras, por su apoyo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial a mi asesor el Maestro Carlos Angulo Alvarez, por su atenta colaboración y apoyo en la revisión de esta tesis.

A mi jurado de examen, Dr. Emilio Martínez de Velasco y Arrellano, Dr. José Roberto García Chávez, Mtro. José Alberto García Aguilar, y Mtro. Raúl Vicente Galindo Sosa, quienes dedicaron gran parte de su tiempo a leer y realizar valiosos comentarios que hicieron de este documento un cúmulo de ideas de incalculable valor.

Al Dr. Jorge Sánchez de Antuñano Barranco por su apoyo y asesoría técnica.

Al Dr. en C. Javier Aguirre Muñoz, por su valioso tiempo invertido en la revisión del contenido, ortografía y semántica de la presente tesis.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron conmigo en la realización de esta investigación.

## Resumen

En la vida del ser humano, la energía eléctrica es importante para vivir confortablemente. Por tal razón, es necesario buscar la manera de obtenerla lo más limpia posible y al menor costo. Esta investigación trata sobre el aprovechamiento de la energía eólica para generar electricidad con las características antes mencionadas, y crear una fuente de energía renovable para satisfacer las necesidades del hombre.

Uno de los propósitos del presente trabajo es estudiar esta energía, ya que, en los últimos tiempos, ha adquirido importancia significativa en el ámbito global para la generación de electricidad, pues evita la emisión de gases contaminantes que contribuyen a la formación del efecto invernadero, por lo que es fundamental aprovechar al máximo este tipo de recurso. Al mejorar la tecnología de los aerogeneradores, se ha impulsado directa e indirectamente a la energía renovable como fuente principal de generación de electricidad en el siglo XXI.

Aquí se explica, mediante fórmulas físicas y matemáticas, el proceso que los aerogeneradores llevan a cabo para efectuar la transformación de energía mecánica en eléctrica. El análisis crea las bases necesarias para comprobar la factibilidad de usar pequeños aerogeneradores en lugares donde el flujo de aire es constante; se estudian además, los impactos ambientales, el recurso eólico del área, aspectos financieros clave, así como el ahorro que se produciría en el consumo de combustibles fósiles si se utilizara, en forma complementaria, la energía eólica.

Los países del mundo analizan constantemente, la viabilidad económica de proyectos regionales sobre todo tipo de energías renovables. Muestran los beneficios de utilizar medios eólicos para generar energía eléctrica. Investigaciones realizadas por el profesor Paul Sclavounos del MIT (Massachusetts Institute of Technology) en el 2006, determinaron que cinco turbinas de viento en el mar de cuatro mil megavatios cada una, pueden satisfacer el consumo medio de electricidad de la ciudad de Nueva York, de acuerdo con el análisis efectuado tanto por el departamento de energía de EE.UU., así como por la Compañía General

Electric y el MIT. Las turbinas se localizarían en las costas de la ciudad en plataformas flotantes. Las torres eólicas tendrían 90 m de altura y el rotor 140 m de diámetro, los flotadores se colocarían a profundidades variables entre los 30 y los 200 m.<sup>1</sup> Investigadores de la Universidad de Stanford, en teoría, prevén que si el viento fuera plenamente aprovechado en todo el mundo, podría satisfacer globalmente la demanda actual de energía eléctrica. La Asociación Mundial de Energía Eólica prevé que este tipo de energía tendrá, en el 2020, capacidad de producir 1.9 teravatios.

En 2011 el Ingeniero Stephen Connors, director del Grupo de Análisis de Alternativas de Energía Regional (AGREA) en el MIT (Energy Initiative), llevó a cabo una investigación, que le hizo reiterar su confianza en que el viento desempeñe un papel determinante en la generación de electricidad por lo que resta del siglo XXI, indicando lo siguiente: "Este planeta es principalmente océano, y hay bastante viento allá afuera, pero aprovechar la energía de forma rentable sigue siendo un desafío".<sup>2</sup>

La propuesta de esta investigación es aprovechar la fuerza de la energía proveniente del viento durante los recorridos del automóvil para generar energía eléctrica con el fin de acumular dicha energía en la batería del vehículo, mediante un producto llamado MiniTurbi, el cual es ideal para instalarlo en el exterior del vehículo, en lugar de los faros de niebla que miden 12 cm de diámetro.

El funcionamiento del MiniTurbi es sencillo, se colocan dos de ellos en la fascia del automóvil; las hélices de los pequeños aerogeneradores transforman la energía del viento en energía potencial la cual equivale a  $2,542.96 \text{ kgm}^2/\text{s}^3$ ,<sup>3</sup> la que se trasmite, al generador para que éste convierta esa energía en electricidad 113.64 watts,<sup>4</sup> que se almacena en el acumulador del automóvil.

---

<sup>1</sup> *How many wind turbines would it take to power all of New York City?* MIT ENGINEERING [\[http://engineering.mit.edu/live/news/872-how-many-wind-turbines-would-it-take-to-power-all\]](http://engineering.mit.edu/live/news/872-how-many-wind-turbines-would-it-take-to-power-all)

<sup>2</sup> Chandler L, David. (2011). *When the wind blows*. Recuperado de [\[http://web.mit.edu/newsoffice/2011/energy-scale-part2-1025.html\]](http://web.mit.edu/newsoffice/2011/energy-scale-part2-1025.html)

<sup>3</sup> Energía potencial del MiniTurbi. Véase capítulo 3 (76 pp).

<sup>4</sup> Potencial eléctrico de los dos MiniTurbis. Véase capítulo 5 (128 pp).

## Índice

Introducción.....	16
Capítulo I Estructura metodológica .....	27
1 Problema .....	30
1.1 Hipótesis principal .....	30
1.1.1 Hipótesis secundarias .....	30
1.2 Variables de la investigación .....	31
1.3 Justificación.....	32
1.4 Objetivo general .....	34
1.4.1 Objetivos particulares .....	34
1.5 Aportaciones y alcances del trabajo.....	34
1.6 Tipo de investigación.....	35
1.7 Organización del documento.....	35
Capítulo II Perspectiva de la industria eólica.....	37
2 Energía eólica .....	38
2.1 Historia del aerogenerador .....	39
2.2 Aerogenerador .....	43
2.3 Tipos de Aerogeneradores .....	47
2.3.1 Clasificación según su eje .....	47
2.3.1.1 Aerogeneradores de eje vertical.....	47

2.3.1.2 Aerogeneradores de eje horizontal.....	49
2.3.2 Clasificación según el número de palas .....	50
2.3.2.1 Monopala (una sola aspa) .....	50
2.3.2.2 Bipala (dos Aspas) .....	52
2.3.2.3 Tripala Danés (tres aspas) .....	53
2.4 Industria eólica en el mundo 2011 .....	54
2.5 Aprovechamiento de la energía eólica en México .....	61
2.5.1 Aprovechamiento eólico en la Zona Metropolitana del Valle de México .	66
Capítulo III MiniTurbi .....	69
3 Descripción del MiniTurbi .....	71
3.1 El rotor .....	73
3.2 Mecanismo que transfiere el movimiento .....	77
3.3 Generador .....	82
3.3.1 Generador de Corriente Continua (cc) .....	83
3.3.2 Generador de Corriente Alterna (CA) .....	84
3.4 Convertidor de CA en CC y regulador de voltaje .....	85
3.5 Acumulador del automóvil eléctrico .....	88
3.6 Protector .....	90
Capítulo IV Análisis funcional del MiniTurbi.....	91
4 Análisis del recurso eólico y técnico de la hélice .....	92

4.1 Análisis de recurso eólico.....	92
4.1.1 Generalidades del Sitio .....	93
4.1.2 Recurso eólico.....	95
4.1.3 Información eólica recolectada.....	99
4.1.4 Análisis de la información eólica.....	101
4.1.5 Conclusión acerca del recurso .....	102
4.1.6 Especificaciones de los equipos y su rendimiento .....	103
4.1.6.1 Análisis del rendimiento del equipo .....	103
4.2 Análisis por Elemento Finito .....	105
4.2.1 Estudio del Análisis por elemento Finito.....	106
4.2.2 Tipos de Análisis utilizados en Ingeniería.....	108
4.2.3 Especificaciones técnicas de la hélice.....	110
4.2.3.1 Selección del material .....	111
4.2.3.2 Estudio del comportamiento de la hélice .....	113
Capítulo V Costos .....	122
5 Costos del MiniTurbi.....	123
5.1 Costos de Producción .....	123
5.2 Costos de operación y mantenimiento .....	125
Capítulo VI Producción.....	141
6 Manufactura del MiniTurbi .....	142

6.1 Nuevas tecnologías .....	142
6.2 Inyección de plásticos .....	144
Capítulo VII Beneficios .....	158
7. Beneficio del MiniTurbi .....	159
7.1 Ambiental .....	159
7.2 Estético o visual .....	166
7.3 Impacto social .....	166
Conclusiones.....	175
Bibliografía .....	182
Anexos .....	191
A.1 Abreviaturas y símbolos.....	192
A.2 Siglas y Acrónimos .....	195
A.3 Características del Anemómetro de Mano (Hand Held Anemometer, Marca LA CROSSE TECHNOLOGY, Serie EA-3010U). .....	198
A.4 Catálogo 2012 de Proveedores y Fabricantes .....	201
A.5 Tarifas eléctricas en la zona centro del país .....	203
A.6 Pruebas del MiniTurbi en el túnel de viento .....	212
A.7 Estudio del MiniTurbi en el programa ANSYS .....	218
A.8 Simulación de inyección plásticos de las diferentes piezas del MiniTurbi.....	222
A.9 Proyectos de pequeños aerogeneradores .....	236



A.10 Productos análogos para automóvil.....	236
A.11 Problemas y soluciones en la inyección de plásticos.....	239
A.12 Proyección de participación de tecnología en la capacidad de generación en el sistema eléctrico nacional 2008 vs 2024 .....	239
A.13 Aprovechamiento y potencial eólico en México .....	243
A.14 Planos .....	246

## Índice de figuras

1.	Elementos de investigación .....	22
2.	Los métodos de una investigación.....	23
3.	Técnicas de investigación.....	24
4.	Estructura metodológica .....	29
5.	Historia del aerogenerador .....	39
6.	Primera turbina construida en 1887 .....	41
7.	Turbina construida por Poul La Cour .....	42
8.	Turbina construida por Johannes Juul .....	43
9.	Aerogenerador.....	44
10.	Partes de un aerogenerador .....	45
11.	Aerogenerador eje vertical .....	48
12.	Aerogenerador eje horizontal .....	50
13.	Monopala .....	51
14.	Bipala .....	52
15.	Tripala .....	53
16.	Capacidad eólica aprovechada en el mundo en los últimos 12 años .....	57
17.	Capacidad eólica aprovechada en cada continente .....	58
18.	Los diez países con mayor aprovechamiento de energía eólica en el 2011 ..	60
19.	MiniTurbi.....	71

20.	Partes del MiniTurbi .....	72
21.	Tubo de corriente .....	73
22.	Área de barrido del rotor y volumen de aire.....	75
23.	Engranajes .....	78
	23.1 Reductor .....	79
	23.2 Multiplicador .....	80
24.	Piezas y funcionamiento de un dínamo:(A) Estator, (B) Rotor, (C) Principio de un dínamo .....	82
25.	Generador de corriente continua y generador de corriente alterna.....	83
26.	Rectificador de media onda .....	86
27.	Rectificador de onda completa .....	87
28.	Circuito rectificador y regulador de voltaje .....	88
29.	Protector .....	90
30.	Camioneta Escape .....	93
31.	Vista frontal de camioneta .....	94
32.	Facia de camioneta .....	94
33.	Distancia de 80 cm entre la batería y el hueco para colocar el MiniTurbi .....	95
34.	Anemómetro en la camioneta .....	97
35.	Anemómetro en la facia de la camioneta .....	98
36.	Anemómetro en la parte superior de la camioneta .....	98

37.	Velocidad automóvil vs velocidad del viento.....	99
38.	Velocidad promedio del viento en la facia y en la parte superior del automóvil .....	100
39.	Hélice del MiniTurbi .....	111
40.	Análisis de la hélice aplicando una carga de 200 N .....	114
41.	Malla de la hélice .....	115
42.	Análisis modal de la hélice .....	116
	42.1 Tensión de Von Mises .....	117
	42.2 Primera tensión principal .....	118
	42.3 Tercera tensión principal .....	119
	42.4 Coeficiente de seguridad .....	120
43.	Inyección de plásticos .....	145
44.	Máquina de inyección de plásticos .....	151

## Índice de tablas

1.	Metodología .....	23
2.	Comparación del impacto ambiental en las diferentes formas de producir electricidad .....	55
3.	Los 10 países con mayor aprovechamiento de energía eólica en 2011 .....	60
4.	Costos de generación por tecnología (costos unitarios en pesos/kWh) .....	62
5.	Parques eólicos con capacidad de 250 MW .....	63
6.	Proyectos de energía eólica en México (2011) .....	65
7.	Partes que conforman al MiniTurbi .....	72
8.	Fechas en las que se hicieron las mediciones de la velocidad del viento en el automóvil .....	97
9.	Información de la velocidad del viento en el automóvil recolectada en los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2011 .....	99
10.	Velocidad promedio del viento en la facia y en la parte superior del automóvil .....	100
11.	Especificaciones de los equipos y su rendimiento .....	103
12.	Rendimiento de los diferentes motores paso a paso .....	104
13.	Estimaciones de costos para el proyecto del MiniTurbi (2012) .....	124
14.	Costos de operación y mantenimiento generales (2012) .....	126
15.	Proyecciones del Ahorro monetario del MiniTurbi en el automóvil eléctrico .....	130
16.	Contracción de los termoplásticos .....	155

17.	Kilogramos de CO <sub>2</sub> no emitidos por un automóvil de combustión interna durante un día, semana, mes y año, si utilizará el MiniTurbi .....	172
18.	Cantidad de kg de CO <sub>2</sub> no emitidos a la atmósfera terrestre, si se implementara el MiniTurbi en el parque vehicular de México (2009) .....	173
19.	Cantidad de kg de CO <sub>2</sub> no emitidos por el parque vehicular de Zona Metropolitana del Valle de México (2006) .....	173
20.	Proyecciones del ahorro monetario por medio del MiniTurbi en el automóvil de combustión interna.....	174

## Índice de ecuaciones

1.	Potencia .....	74
2.	Energía cinética .....	74
3.	Volumen del aire .....	76
4.	Potencia del rotor .....	76
5.	Relación entre la velocidad y número de dientes de un engrane .....	77
6.	Potencial eléctrico.....	104
7.	Velocidad .....	130
8.	Consumo .....	168

## Introducción

La intervención del hombre sobre el medio ambiente en el planeta, es cada vez mayor, pues a partir de la Revolución Industrial el desarrollo económico de la sociedad se ha ido incrementando, lo que ha provocado que desde 1950 a la fecha, la atmósfera haya recibido año con año, miles de millones de toneladas de gases de efecto invernadero, debido al consumo excesivo de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón).<sup>5</sup> De acuerdo a estudios realizados por diferentes organizaciones mundiales gubernamentales y no gubernamentales, se estima que dentro de algunas décadas, comenzarán a surgir graves enfermedades respiratorias que afectarán a toda la raza humana. Además, provocarán la redistribución y, en algunos casos, la extinción de miles de especies de flora y fauna debido a los efectos del calentamiento global.

El uso de la energía eléctrica es de vital importancia para el estilo de vida moderna. De ella dependen la mayoría de las actividades económicas llevadas a cabo por el ser humano, tales como la producción de máquinas y herramientas que se utilizan para la producción de alimentos, textiles, automóviles así como de innumerables dispositivos electrodomésticos y electrónicos. Por tal razón, es necesario evaluar las diferentes formas de generar la energía eléctrica con la que se abastece a las numerosas factorías y a millones de consumidores domésticos de las grandes ciudades y zonas metropolitanas, distribuidas en todo el mundo. Actualmente, entre las opciones más utilizadas para producir electricidad se encuentran las plantas hidroeléctricas y las termoeléctricas, las primeras requieren de la combustión de diesel para mover la turbina, mientras que las segundas necesitan quemar carbón o gas para que funcione la caldera. En ambos casos, se libera una gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI).

---

<sup>5</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2010). Anuario. *Avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente*. Recuperado el 03 de septiembre de 2011.

[[http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP\\_ES\\_2010\\_low.pdf](http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP_ES_2010_low.pdf)]



La tecnología predominante en el mundo para la generación de energía eléctrica es la termoeléctrica convencional basada en combustibles fósiles, la cual incluye desde centrales de ciclo de vapor hasta plantas de gasificación y calderas de lecho fluidizado. En Medio Oriente se registra la mayor proporción de centrales termoeléctricas en su capacidad instalada, con 94.2%. Mientras que en el lado opuesto, en Centro y Sudamérica se encuentra la menor proporción de esta tecnología, con 37.7% de la capacidad total instalada en la región. Por otra parte, en lo que concierne a la energía nuclear, en países de Europa y Asia miembros de la OCDE predomina esta tecnología, con 18.5% y 17.1%, respectivamente. (Secretaría de Energía, 2006, p. 19).

En México la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica corresponde el 73.6% a tecnologías que utilizan combustibles fósiles como gas natural, combustóleo, carbón y diesel. Mientras que el 26.4% restante corresponde a fuentes alternas, de las cuales las hidroeléctricas aportan el 21.7% del total instalado. En México la energía eléctrica generada por medios eólicos representa el 0.20% de la producción total del país. (Secretaría de Energía, 2008, p. 21).

Se llama energía renovable a la que, administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente ya que su cantidad disponible no disminuye a medida que ésta se aprovecha. Las energías renovables establecidas son aquellas que la humanidad ha utilizado a través de los siglos o bien, su tecnología se encuentra muy bien desarrollada. Ejemplo de éstas serían las grandes centrales hidroeléctricas o la biomasa (que proviene de la leña) entre otras. Las nuevas energías renovables, también conocidas como no convencionales o fuentes alternas son aquellas en las que aun teniendo potencial para desarrollarlas, no se han trabajado para su explotación. Ejemplo: Solar, eólica, biomasa (en forma de biogás) o hidráulica (mini-hidráulica). (Secretaría de Energía, 2012)

En esta tesis se plantea la importancia de aprovechar la energía eólica para generar electricidad, con el propósito de proteger al planeta, al reducir su producción con métodos altamente contaminantes.

Su impacto en el medio ambiente es menor al que provoca la producción de energía eléctrica obtenida por medios tradicionales, es decir, con la quema de combustibles fósiles; por lo que, es un poco ineficiente comparada con otras formas de generar electricidad, ya sean plantas hidroeléctricas, carboeléctricas, de ciclo combinado, geotérmicas o nucleares. Estas dos últimas no dependen de las condiciones del clima para generar electricidad.<sup>6</sup>

La energía eólica ofrece la esperanza de que a corto plazo se genere energía eléctrica a costos sumamente competitivos. Esta fuente incluye desde los pequeños aerogeneradores de 1 a 15 kW hasta los grandes aerogeneradores de 100 kW. La energía eólica es especialmente atractiva en un aspecto importante, el viento puede estar disponible en forma continua durante veinticuatro horas al día. Pero la velocidad del viento es intermitente e impredecible, lo que significa que una unidad típica puede operar del 25 al 35% de su capacidad. (Stobaugh y Yerguin, 1982, p.260).

En el mundo compañías como General Electric, Siemens y Mitsubishi, entre otras, actualmente desarrollan sistemas de conversión de energía eólica para la generación de electricidad. El concepto más favorecido es el de las granjas eólicas, consideradas como un conjunto de aerogeneradores colocados en uno o varios sitios con vientos fuertes y constantes, conectados a las líneas de transmisión de electricidad.

La compañía General Electric se ha dedicado a construir aerogeneradores capaces de suministrar del 40 al 90% de la electricidad de una casa. El sistema de aerogenerador doméstico es conocido como *Southwest Skystream*, puede proporcionar hasta tres kW; su costo oscila entre los 5,399 dólares (sin incluir los materiales de la torre, los de instalación, ni el mantenimiento en el futuro); la velocidad de viento necesaria para que funcionen es de 12.87 km/h y tienen una garantía de cinco años. Esta compañía, también desarrolla turbinas eólicas de diferentes capacidades para colocarlas en los parques eólicos, habiendo instalado

---

<sup>6</sup> Comisión Federal de Electricidad (CFE), *Proyección de generación de energía eléctrica 2010-2024 en la República Mexicana*.

en todo el mundo, 16 mil 500 aerogeneradores con capacidad de 1.5 MW que trabajan con 98.6% de los diferentes tipos de viento.<sup>7</sup>

En tanto que Siemens desarrolló la tecnología *Integral Blade*, la cual consiste en fabricar las aspas de los aerogeneradores de una sola pieza mediante un proceso cerrado. Las ventajas de este proceso son:

1. La eficiente mano de obra y el espacio, sólo requiere un molde establecido para el ciclo de fabricación.
2. No hay cuestiones relativas a las tolerancias entre los depósitos y los mástiles.
3. La hoja resultante es una estructura integrada y sin uniones pegadas que actúen como puntos débiles de la estructura, además no permiten la entrada de agua.<sup>8</sup>

Mitsubishi está desarrollando turbinas eólicas de alta productividad llamadas MWT (Mitsubishi Wind Turbine). Los aerogeneradores MWT-500, MWT-600, MWT-1000, MWT-1000A y MWT-2000 son capaces de producir energía eléctrica con toda clase de condiciones meteorológicas, destacando el MWT-1000A para zonas de viento débil y el MWT-2000 para viento fuertes, con tres aspas de 36 metros de largo.<sup>9</sup>

Esta investigación consiste en observar y determinar el problema; recopilar y analizar la información relevante para el objeto de estudio de la tesis, que es, el MiniTurbi. Se debe disponer de la información necesaria para solucionar el problema propuesto y en consecuencia, demostrar la hipótesis. La investigación debe ser un proceso crítico y reflexivo, que incida en los planteamientos originales

---

<sup>7</sup> General Electric. Wind Turbines. Recuperado de [\[http://www.ge-energy.com/products\\_and\\_services/products/wind\\_turbines/index.jsp\]](http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/wind_turbines/index.jsp)

<sup>8</sup> Siemes. Wind Power. Recuperado de [\[http://www.energy.siemens.com/mx/en/power-generation/renewables/wind-power/wind-turbines/#content=%3CFONT%20b%3D%2239%22%20closure\\_uid\\_ikcue5%3D%2245%22%20\\_qt\\_w1er9cr0ji8s%3D%221%22%3ETecnolog%C3%ADa%20%3C%2FFONT%3E\]](http://www.energy.siemens.com/mx/en/power-generation/renewables/wind-power/wind-turbines/#content=%3CFONT%20b%3D%2239%22%20closure_uid_ikcue5%3D%2245%22%20_qt_w1er9cr0ji8s%3D%221%22%3ETecnolog%C3%ADa%20%3C%2FFONT%3E)

<sup>9</sup> Mitsubishi. Turbinas eólicas. Recuperado de [\[http://www.mhimex.com/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=135&Itemid=315\]](http://www.mhimex.com/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=135&Itemid=315)

del proyecto. Se puede considerar como un diálogo con las fuentes de información de las cuales se generarán nuevas ideas y conocimientos; uno de los propósitos principales es obtener beneficios de las nuevas tecnologías, que apoyan el desarrollo de productos o servicios de excelente calidad, reducen los tiempos de diseño y mejoran continuamente los modos y los costos de producción. Además de que, difunden en todo el planeta el conocimiento científico y tecnológico que se obtiene de las investigaciones, con el uso de las actuales plataformas de información y comunicación.

Hoy, resulta casi imposible realizar las actividades tanto profesionales como personales sin la intervención de las nuevas tecnologías, el ser humano necesita de ellas para su continuo crecimiento tecnológico y económico, por lo que debe ser permanente la mejora e innovación de las mismas. El diseño industrial tiene la misma necesidad, por ejemplo, los programas CAD (Diseño Asistido por Computadora) han provisto a los diseñadores, de múltiples herramientas para realizar las actividades habituales de la profesión: bocetar, modelar en 2D y 3D, producir planos y renderizados, entre otras actividades. Todo archivo generado en programas CAD pasa a manufactura, ya sea para efectuar correcciones posteriores como un prototipo terminado o para producirlo en serie.<sup>10</sup> Las nuevas tecnologías que constantemente se desarrollan, son el medio más adecuado a través del cual se ha llegado a soluciones precisas.

La mayoría de la gente desde muy temprana edad, realiza algún tipo de investigación al buscar documentos, personas, significados, hechos, etc. Esto, es algo inherente a los seres humanos, sin embargo, la investigación científica debe realizarse como un proceso metodológico exacto para que sea adecuada, además debe seguir un orden y una serie de pasos rigurosos, para que la información y el conocimiento sean verídicos y confiables. La investigación científica y tecnológica

---

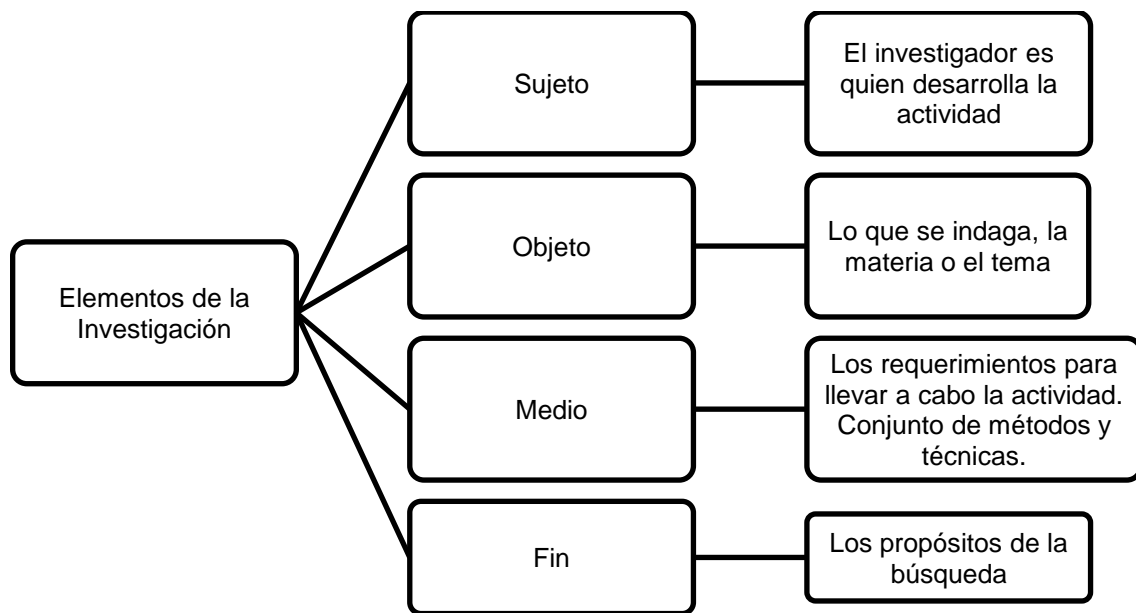
<sup>10</sup> *Introducción al CAD/CAM*. Recuperado el 24 de septiembre de 2011.  
[[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs\\_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INTRODUCCION%20AL%20CAD-CAM/01%20Introduccion%20CAD%20CAM.pdf](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INTRODUCCION%20AL%20CAD-CAM/01%20Introduccion%20CAD%20CAM.pdf)]

proporcionan la teoría y el conocimiento sobre la realidad, siendo muy importantes para el desarrollo de la sociedad, pues resuelven problemas de la vida cotidiana: ahorran esfuerzos en el trabajo y optimizan diversos procesos que se efectúan en las diferentes actividades productivas, sociales o culturales que lleva a cabo el ser humano.

Una particularidad de la investigación científica y tecnológica es su utilidad, a través de la historia. El conocimiento ha permitido grandes avances de la humanidad, desde el hombre primitivo hasta la sociedad actual, por lo que, si consideramos que las investigaciones científicas y tecnológicas son instrumentos importantes para mejorar continuamente el nivel de vida del hombre y de la sociedad, entonces, podemos afirmar que la ciencia y la tecnología son necesarias para impulsar el desarrollo de un país.

Las labores de un científico incluyen comunicar el desarrollo y resultado de sus investigaciones ofreciendo a la sociedad un panorama completo de su trabajo, el cual debe ser claro y sencillo. Éste no termina cuando se concluye la investigación, sino que es el principio de una nueva etapa donde dará a conocer, a la comunidad científica y al público en general, cómo realizó su investigación y que se logró con ella. Debe escribir cuidadosamente sus hallazgos para publicarlos posteriormente en revistas científicas arbitradas. Una investigación no publicada es como si esta nunca se hubiera llevado a cabo, por lo que el investigador no existe para la comunidad científica y sus trabajos son ignorados.

Es fundamental que un investigador difunda la importancia y necesidad de su labor, ya que algunos sectores de la sociedad no entienden el significado y valor del quehacer científico (**Figura 1**).



**Figura 1.** Elementos de investigación <sup>11</sup>

**Metodología:** Es el proceso mediante el cual se establecen formas, acercamientos, interpretaciones, análisis y observación del objeto de estudio (**Tabla 1**).

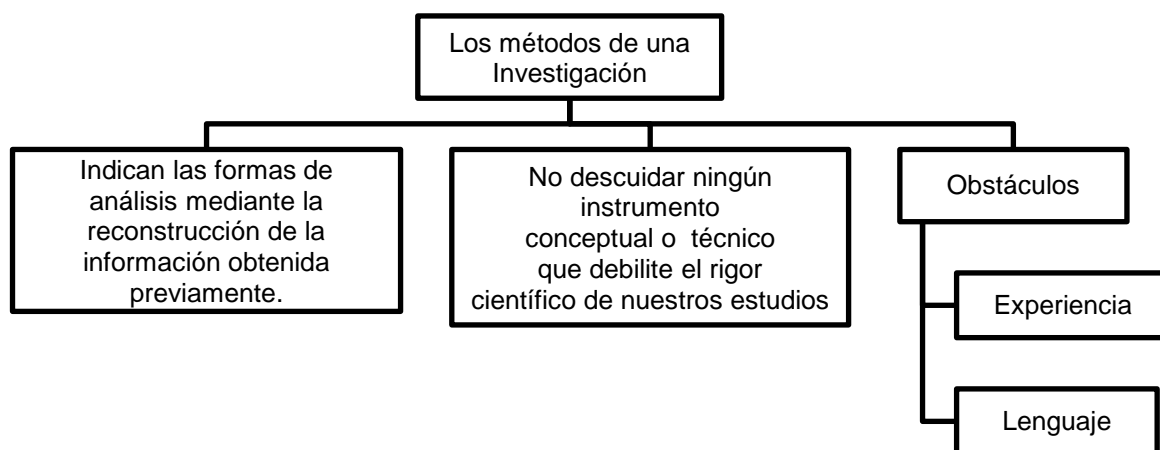
**Método:** Procedimiento concreto que se utiliza para analizar el objeto de estudio y con el resultado, poder alcanzar los objetivos planteados (**Figura 2**).

**Técnica:** Es una operación particular, que se vale de instrumentos específicos. Su pertinencia está determinada por el método y puede articularse con otras técnicas (cuestionarios, entrevistas, observaciones, etc.) (**Figura 3**).

<sup>11</sup> Blaxter, Loraine. Christina Hughes. y Malcom Tight. (2000). *Cómo se hace una Investigación*. México. Editorial Gedisa. 352 pp.

Metodología	Etapas	Problema	Hipótesis	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una guía que permite al estudiante seguir un camino, la cual ayudará durante toda la investigación, no es necesario seguirla al pie de la letra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Determinar el Problema</li> <li>• 2 Hipótesis</li> <li>• 3 Objetivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se busca que el problema o necesidad que aqueja a la sociedad sea actual. El planteamiento del problema, es muy importante, debido a que es de dónde se pretende partir, se necesita delimitar el hecho o fenómeno por investigar y hacerlo de una manera clara lo que permitirá llegar a los resultados esperados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La hipótesis es una solución tentativa del problema, la cual, creemos, que puede resolverlo. Se comprobarán las hipótesis a lo largo de la investigación con experimentos desarrollados, explicando por qué se producen los hechos o fenómenos. Su función es ser el eje sobre el que girarán todos los experimentos por realizar durante la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es lo que se quiere lograr, alcanzar o conseguir. Los objetivos deben expresarse con claridad, así se evitarán desviaciones en el proceso de investigación, deben ser reales y susceptibles de alcanzarse durante la investigación.</li> </ul>

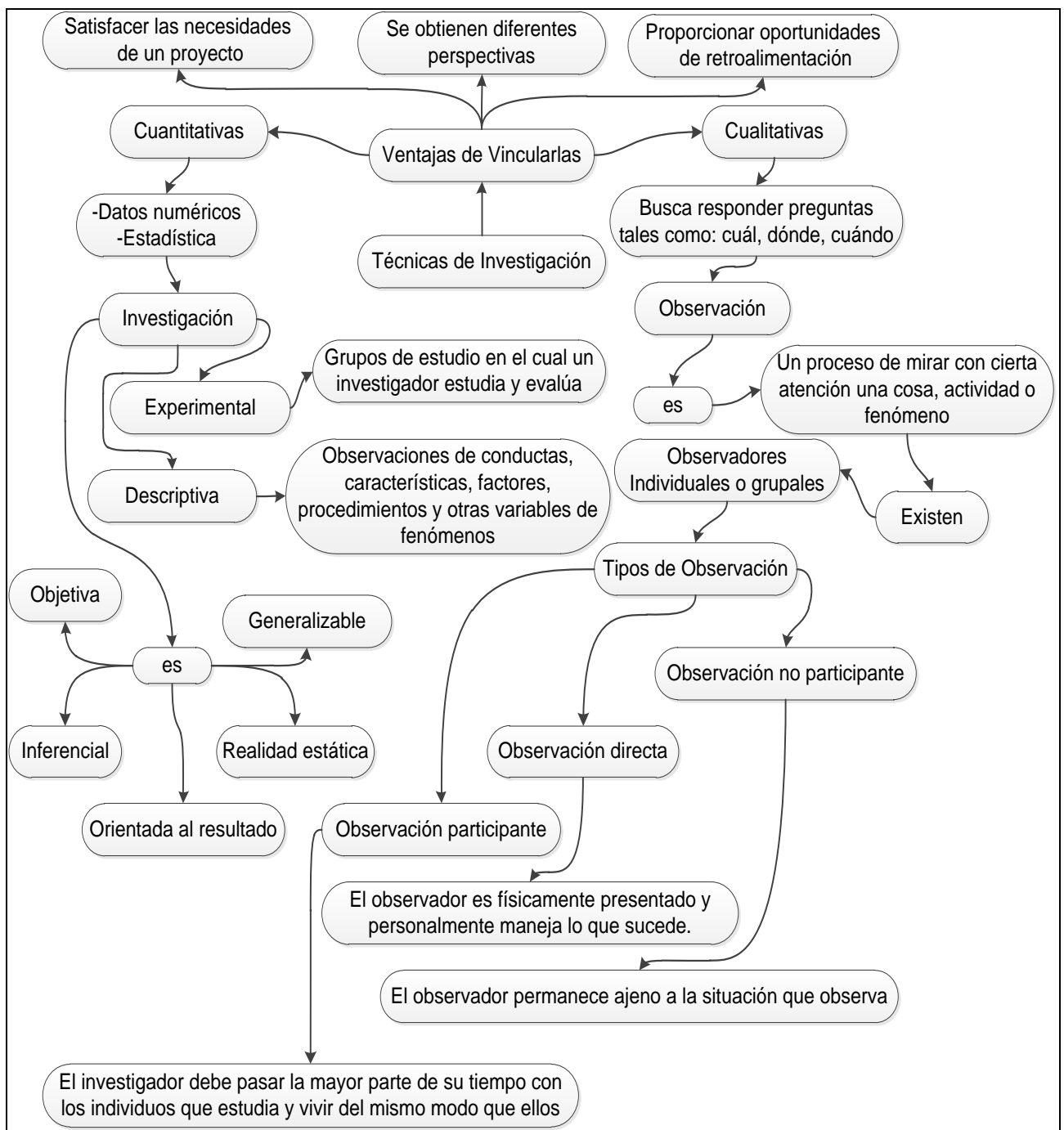
**Tabla 1.** Metodología <sup>12</sup>



**Figura 2.** Los métodos de una investigación <sup>13</sup>

<sup>12</sup> Sánchez Ruiz, Gerardo G. (2004). *Guía de investigación para niños interesados en problemas urbanos y en otras cuestiones*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco (UAM). 128 pp

<sup>13</sup> Blaxter, Loraine. Christina Hughes. y Malcom Tight. *Op. cit.*



**Figura 3.** Técnicas de investigación <sup>14</sup>

<sup>14</sup> Valles S. Miguel. (2007). *Técnicas Cualitativas de Investigación Social*. (4° ed.). Editorial Síntesis. 432 pp.



La problemática de la contaminación atmosférica generada por el transporte terrestre así como la producción de electricidad en México por el uso de combustibles fósiles, en los últimos años se ha incrementado notablemente, por lo que debemos afrontarla con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales. El gobierno mexicano ha realizado esfuerzos importantes para desarrollar y aplicar una serie de estrategias con el propósito de prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera. El objetivo es dar cumplimiento a las políticas gubernamentales de aire limpio, con la participación del sector público y privado, ejemplo de esto es el protocolo de Kioto.

El protocolo de Kioto estableció como obligación para los países desarrollados la reducción de 5% de sus emisiones de GEI tomando como referencia las emisiones de 1990. El protocolo tiene como objetivo reducir la emisión de gases que provocan el calentamiento global. Estados Unidos como país desarrollado se ha negado a ratificar el tratado, porque considera que es perjudicial para el desarrollo de su economía, debido a que la aplicación de protocolo es ineficiente e injusta, al involucrar solo a países industrializados, excluyendo de tales restricciones a países con desarrollo industrial altamente contaminante como lo vienen haciendo desde hace cuatro décadas China e India, siendo que el primero es a partir del 2006, el mayor productor y consumidor de energía en el mundo, considerándose por lo tanto como el mayor emisor de CO<sub>2</sub> en el mundo.<sup>15</sup> En 1998 México firmo el protocolo, en tanto que en el 2000 ratifico su compromiso en la categoría de país No anexo nivel I, lo cual significa país en desarrollo. Con la firma de este protocolo México intenta disminuir la emisión de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera beneficiando al planeta en especial a los seres vivos. En la actualidad nuestro país se encuentra inmerso en el desarrollo de varios proyectos para la reducción de GEI, como son la generación de electricidad utilizando medios renovables como pueden ser la eólica, solar y geotérmica, entre otros. Sin embargo, nuestro potencial no ha sido del todo aprovechado.

---

<sup>15</sup> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2008). *¿Y el medio ambiente? Problema en México y el mundo.*

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional que se utiliza para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente; ofrecen incentivos económicos tanto a empresas públicas como privadas, para que contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y mediante la regulación de la emisión de CO<sub>2</sub>, generada por sus procesos productivos. La transacción de los bonos de carbono se desarrolla de la siguiente manera: un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono para mitigar la generación de gases invernadero. Se busca beneficiar a las empresas que no emitan o vaya disminuyendo progresivamente tales emisiones, mientras que las empresas que emitan más de lo permitido, tendrán que pagar la ineficiencia de sus procesos productivos.

Las reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se miden en toneladas de CO<sub>2</sub>. Un Certificado de Emisiones Reducidas (CER) equivale a una tonelada de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir a la atmósfera, el cual puede ser vendido en el mercado de carbono a países que generen grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Los tipos de proyecto que pueden aplicar a una certificación son, por ejemplo, generación de energía renovable, mejoramiento de eficiencia energética de procesos, forestación, limpieza de lagos y ríos, entre otras. México es el quinto lugar a nivel mundial en la venta de bonos de carbono, con 1.4 % de participación.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Enciso L. Angélica. (2011). México, quinto lugar en proyectos del mercado de carbono: SEMARNAT. *La jornada.mx*. Recuperado el 08 de julio de 2012.  
[<http://www.jornada.unam.mx/2011/02/09/sociedad/043n2soc>]

# **Capítulo I**

## **Estructura metodológica**

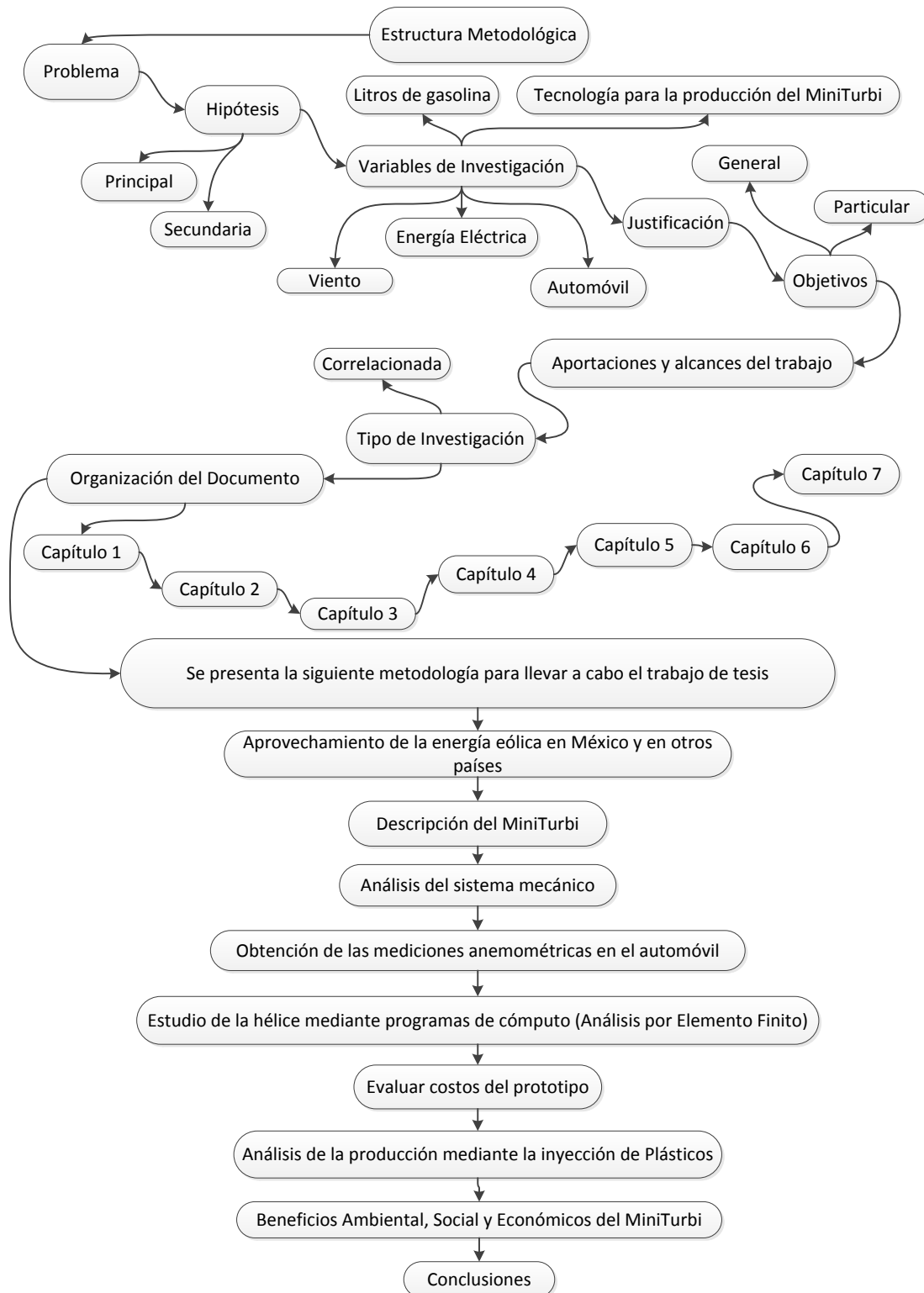
El aprovechamiento de la energía eólica es posible, si se utiliza tecnología que sea capaz de convertir la energía proveniente de la fuerza del viento en energía eléctrica. Hoy, este tipo de tecnología se encuentra en desarrollo y se emplea en todo el mundo debido a la creciente demanda de electricidad, por lo que los sistemas que generan electricidad, están sometidos a un proceso de mejora continua, con el fin de obtener el mayor provecho posible del recurso eólico y con el cual se logrará reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) al disminuir la dependencia de los combustibles fósiles<sup>17</sup> para generar energía eléctrica.

Las investigaciones que se realicen sobre la energía eólica representarán un beneficio para la sociedad global, puesto que, para mantener el actual estilo de vida, la electricidad es un medio muy importante. De ella dependen la mayoría de las actividades económicas llevadas a cabo por el ser humano: la producción de alimentos, la de autos y textiles, entre otras y en general para todas las industrias de los sectores primario, secundario y terciario, así como para el uso de todo tipo de aparatos electrónicos y electrodomésticos indispensables para las actividades cotidianas del ser humano. En la siguiente investigación se determina la viabilidad del objeto de estudio, el cual contribuye a mejorar la calidad de vida del hombre.

Consecuentemente, este trabajo de tesis describe detalladamente cada una de las etapas necesarias para llevar a cabo la construcción y colocación del MiniTurbi en todo tipo de vehículo (**Figura 4**).

---

<sup>17</sup> Los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural son restos de organismos que vivieron hace millones de años en la tierra. El carbón se formó a partir de plantas terrestres, el petróleo y el gas natural a partir de microorganismos y animales principalmente acuáticos. [<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/100Energ%C3%ADa.htm>]



**Figura 4.** Estructura metodológica <sup>18</sup>

<sup>18</sup> Aguirre Contreras, Javier. (2012).

## **1 Problema**

El consumo de energía eléctrica en México se ha incrementado de manera significativa en los últimos 11 años, debido al creciente uso de aparatos electrónicos y electrodomésticos, los cuales forman parte de las actividades cotidianas del ser humano. En 2000 el consumo de energía eléctrica en México fue de 164 GWh, mientras que en el 2011 de 223.4 GWh, lo anterior equivale a un incremento anual promedio de 3.63%.<sup>19</sup>

En México la generación de electricidad producida por medio de combustibles fósiles es de 73.6% de la producción total (2011), lo anterior aporta el 28.2% de Gases de Efecto Invernadero,<sup>20</sup> lo cual provoca una menor calidad de vida para los seres vivos en el mundo, ya que deteriora el medio ambiente en el que habitan. Por tales razones, se propone la construcción de un artefacto mecánico que aproveche la fuerza del viento para la producción de energía eléctrica limpia. Este artefacto llamado MiniTurbi se ensambla en el vehículo de auto trasportación, para recargar su batería, con lo cual se disminuye el uso de combustible fósil.

### **1.1 Hipótesis principal**

Con la producción del MiniTurbi en los vehículos de autotransporte se generará la electricidad para su operación, reduciendo un 2% el uso de combustibles fósiles, durante los recorridos de los automóviles. El MiniTurbi utiliza la energía cinética del viento que choca contra el automóvil para generar energía eléctrica.

#### **1.1.1 Hipótesis secundarias**

El automóvil eléctrico requiere de 13 kWh para recorrer 100 km, el MiniTurbi suponemos que genera 1% de la energía necesaria para recargar las baterías en

---

<sup>19</sup> Secretaría de Energía (SENER). (2010). Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[[http://www.energia.gob.mx/res/1825/SECTOR\\_ELECTRICO.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf)]

<sup>20</sup> Secretaría de Energía. (2010). Balance de energía 2010. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energía%202010\\_2.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energía%202010_2.pdf)]

los recorridos del automóvil, calcularíamos la velocidad del viento (km/h) necesaria que requiere el artefacto para producir la energía eléctrica que será acumulada en el vehículo.

Los automóviles de combustión interna producen 2.4 kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasolina consumido, se propone colocar el MiniTurbi en los vehículos de combustión interna para evitar la emisión de 0.187 kg de CO<sub>2</sub>, que equivale al 2% por cada litro de gasolina consumido. Calculando el ahorro en el consumo de gasolina se puede evaluar los kilogramos de CO<sub>2</sub> no emitidos a la atmósfera tanto en el parque vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México, así como también en el parque vehicular de la Republica Mexicana, si se incorporara el MiniTurbi.

## **1.2 Variables de la investigación**

1. Tecnología para la producción del MiniTurbi: usar los programas de diseño, manufactura e ingeniería (CAD/CAM/CAE) para elaborar un producto, y disminuir los costos de fabricación de prototipos.
2. Viento: se mide la velocidad del viento (km/h) con el anemómetro, para comprobar la factibilidad del recurso eólico para generar electricidad.
3. Automóvil (Auto Ford, modelo Escape 2011, velocidad máxima 220 km/h, la facia de 50 cm de ancho permite que el viento sea aprovechado al máximo): analizar y evaluar la velocidad del automóvil en kilómetros por hora que requiere el MiniTurbi para generar electricidad (watts).
4. Energía eléctrica: Se calcula el potencial eléctrico (watts) del MiniTurbi para analizar los kilowatts-hora que aportara a la batería del automóvil.
5. Litros de gasolina: Se calculan los litros de gasolina que ahorra el automóvil por medio del MiniTurbi en los recorridos, así como los kilogramos de CO<sub>2</sub> que no serán emitidos a la atmósfera por utilizar dicho artefacto.

### 1.3 Justificación

El costo de la generación de energía eléctrica obtenida mediante el uso de combustibles fósiles, ha incrementado constantemente su precio, llegando en abril de 2008 a su máximo, al cotizarse en 140 dólares el barril de petróleo. En el caso de la Comisión federal de Electricidad (CFE) utilizando diesel, para producir un kWh en el 2002 costaba \$ 2.43 peso, en tanto que en el 2011 tuvo un costo de \$16.58. En el caso del combustóleo en el 2002 tenía un precio de \$0.45 peso/kwh, mientras que en 2011 tuvo un costo de \$2.01 pesos/kWh.<sup>21</sup> Se debe añadir además, que en la combustión de los combustibles fósiles, se desprenden Gases de Efecto Invernadero (GEI). En el año 2000 se generaron 35 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en la Zona Metropolitana del Valle de México, mientras que para el 2012 se prevé que produzcan alrededor de 59 a 89 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>22</sup> Algunos programas para el control de emisiones vehiculares se han diseñado y desarrollado para tratar de controlar y disminuir los Gases de Efecto Invernadero (GEI), partículas en suspensión y otro tipo de gases, tal como sucede con el programa HOY NO CIRCULA en la Zona Metropolitana del Valle de México. El anterior programa se ha aplicado durante 20 años con el fin de lograr tales propósitos, sin embargo no ha sido posible conseguirlo, debido principalmente al continuo incremento del parque vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México (el transporte terrestre de la ZMVM genera 27 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>),<sup>23</sup> así como en otras zonas metropolitanas del país como Guadalajara, Monterrey y Puebla. La emisión de los diversos contaminantes afectan la salud del ser humano, como lo han confirmado investigaciones recientes que indican, que en la combustión del diesel se desprenden gases que pueden producir diversos tipos de cáncer pulmonar al ser

---

<sup>21</sup> Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2011). *Costo de Generación por Tecnología (Costos Unitarios en Pesos / KWh)*. Recuperado el 05 de julio 2012. [[http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/queEsCFE/Documents/2012/Administracion/Costodegeneracionportecnologia2002\\_2011.pdf](http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/queEsCFE/Documents/2012/Administracion/Costodegeneracionportecnologia2002_2011.pdf)]

<sup>22</sup> Estrategia local de acción climática del Distrito Federal. Tendencias en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, escenarios bajo, medio y alto al 2012. Recuperado el 09 de julio de 2012. [[http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/elac/10\\_tendencias\\_en\\_emisiones\\_gases\\_efecto\\_invernadero.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/elac/10_tendencias_en_emisiones_gases_efecto_invernadero.pdf)]

<sup>23</sup> *Ídem*



humano (OMS),<sup>24</sup> además de que pueden ser factores clave en la extinción de miles de especies de flora y fauna. El incremento en la concentración de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) está contribuyendo al calentamiento global. Al inicio de la Revolución Industrial (finales del siglo XVIII), el CO<sub>2</sub> tenía una concentración de 275 partes por millón (ppm), siendo que para el 2011 aumentó a 385 ppm. Por lo anterior, James Hansen, principal climatólogo de la NASA, pronostica que “si queremos conservar la vida de todas las especies vegetales y animales en el planeta, es necesario reducir tal concentración de CO<sub>2</sub> a los 350 ppm y a partir de ahí erradicar completamente la dependencia de los combustibles fósiles en el 2030” (Hansen, 2009. p.26).<sup>25</sup>

Por las razones antes expuestas, se pretende que esta investigación sirva para dar a conocer los beneficios de producir energía eléctrica por medios eólicos, para esto, se deben aprovechar los espacios donde la velocidad del viento sea constante, y diseñar productos que utilicen el recurso eólico al máximo. Con lo anterior, los usuarios domésticos e industriales podrán disminuir el consumo de electricidad proveniente de la quema de combustibles fósiles y en consecuencia, reducir significativamente las elevadas cantidades de gases de efecto invernadero que emiten a la atmósfera, por los millones de automotores que circulan en todo el mundo, provocando y agravando, cada vez más, el cambio climático.

Con el empleo de los programas CAD/CAM/CAE (programas de computadora para diseñar) es posible determinar el tamaño, material por utilizar, costos y sustentabilidad del producto, ya sea, para consumo nacional o en su debido caso para exportación

Este proyecto está planteado desde la perspectiva del desarrollo sostenible, para incidir positivamente en atenuar la grave amenaza que para la raza humana representa el calentamiento global.

---

<sup>24</sup> El humo del diesel, declarado causante de cáncer en humanos. (2012). *El mundo.es*. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[<http://www.elmundo.es/elmundosalud/2012/06/12/oncologia/1339517758.html>]

<sup>25</sup> Mckibben, Bill. (2009). Energía del Futuro. *National Geographic*, (22-26).

## **1.4 Objetivo general**

- Comprobar que la energía alternativa proporcionada por el MiniTurbi es menos contaminante y con menor costo a mediano plazo que el uso de la gasolina empleada por los vehículos de combustión interna, al disponer de la tecnología CAD/CAM/CAE para llevar a cabo la producción industrial del MiniTurbi.

### **1.4.1 Objetivos particulares**

- Evaluar un costo-beneficio en la rentabilidad que se ha derivado del uso de energía eólica en los automóviles que utilizaran el MiniTurbi.
- Calcular y analizar bajo qué condiciones se daría el ahorro de gasolina, al colocar el MiniTurbi.
- Determinar los kilogramos de CO<sub>2</sub> no emitidos a la atmósfera, al instalar el MiniTurbi en los automóviles de combustión interna de la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Explorar la solución propuesta para hacerla extensiva a todo tipo y modelos de automotores públicos y privados.

## **1.5 Aportaciones y alcances del trabajo**

Este trabajo de tesis funda sus propuestas en el uso de la fuerza del viento para producir energía eléctrica alternativa, que ayude atenuar el grave deterioro ambiental que actualmente presenta el planeta como puede ser la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), lluvia ácida, incremento de la acidez en los océanos y reducción de la capa de ozono, entre otros. Lo anterior se llevo a cabo aprovechando los espacios donde la velocidad del viento sea constante, para que mediante pequeños aerogeneradores se pueda transformar la energía que proviene del viento en electricidad. Sus aportaciones son las siguientes:

1. Prototipo de un aerogenerador pequeño que al usar la fuerza del viento, produce energía eléctrica para recargar el acumulador del automóvil.

2. Evaluar la factibilidad de estructuras de las construcciones como edificios, puentes vehiculares o peatonales, etc. donde el recurso eólico sea constante, para aprovechar este tipo de energía y convertirla en electricidad.
3. Adaptar el prototipo a la forma de la estructura de las edificaciones, donde se colocará para lograr el mayor aprovechamiento eólico, con la finalidad de producir electricidad.

## **1.6 Tipo de investigación**

La tesis que sostiene esta investigación es de tipo correlacionada, tiene como finalidad determinar la relación que existe entre dos o más conceptos categorías o variables. Para realizar lo anterior se miden las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis, se estima su correlación.<sup>26</sup> La energía eléctrica generada por medio del MiniTurbi disminuirá el consumo de gasolina en los trayectos del automóvil, por lo que se dejara de emitir una cierta cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Se busca aplicar y utilizar el conocimiento recolectado, durante el proceso de indagación, para que tenga aplicaciones prácticas.

La investigación tiene la finalidad de obtener nuevos conocimientos útiles para resolver las necesidades de la sociedad, por lo que su realización no contradice las leyes naturales conocidas y es totalmente factible llevarla a la práctica.

## **1.7 Organización del documento**

El documento está constituido por siete capítulos organizados de la siguiente manera:

**Capítulo 1:** se presenta la Metodología utilizada a lo largo de la investigación, para el desarrollo de la tesis.

---

<sup>26</sup>Baptista Lucio, Pilar. Fernández Collado, Carlos. Hernández Sampieri, Roberto.(2010). Metodología de la investigación. (5°. ed.). México: Mc Graw Hill. 613 pp.

**Capítulo 2:** se define que es la energía eólica y se menciona de cómo se ha desarrollado la tecnología que aprovecha el recurso eólico a través del tiempo, para generar electricidad en los últimos 10 años en el mundo.

**Capítulo 3:** se describe el MiniTurbi con una perspectiva general del sistema, se identifica cada una de las partes que se deberán modelar y evaluar para obtener el prototipo por medio de los programas CAD.

**Capítulo 4:** se evalúan las características técnicas del lugar que ocupará el MiniTurbi, también se estudia la velocidad del viento por medio del anemómetro y se examina la resistencia de la hélice con la tecnología CAE.

**Capítulo 5:** se presentan los costos de inversión indispensable y probable a la fecha en que inicie la fabricación del MiniTurbi, considerándose inicialmente ya, como un producto potencialmente factible de producirlo y con un margen razonable de ganancias.

**Capítulo 6:** se muestra la inyección de plásticos que se usará en la fabricación del MiniTurbi utilizando tecnología CAM.

**Capítulo 7:** se describen los beneficios ambientales, sociales y económicos así como los impactos visuales de la realización del MiniTurbi.

# **Capítulo II**

## **Perspectiva de la Industria Eólica**

## **2 Energía eólica**

La energía eólica es la que se obtiene por medio del viento, también es conocida como energía cinética,<sup>27</sup> generada por el efecto de la diferencia de temperatura entre las corrientes de aire dominantes a lo largo del año en una micro o macro región, siendo transformada en otros tipos de energía, y utilizada en diversas actividades del ser humano.

La energía del viento se aprovecha mediante el uso de máquinas denominadas aeromotores<sup>28</sup> también llamadas eólicas, las cuáles son capaces de transformar la energía proveniente del viento en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operacionales o para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

En el mundo, la energía proporcionada por el viento se utiliza principalmente en los parques eólicos, para mover aerogeneradores. Al chocar el aire sobre las aspas oblicuas de estos, la energía cinética del viento se convierte en energía mecánica, la cual a su vez es transformada en energía eléctrica mediante un generador.

La electricidad que se obtiene por la fuerza del viento es una energía limpia, ya que no produce emisiones contaminantes, ni residuos que perjudiquen al medio ambiente, además, no requiere de combustión alguna que genere dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo tanto, no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático.

---

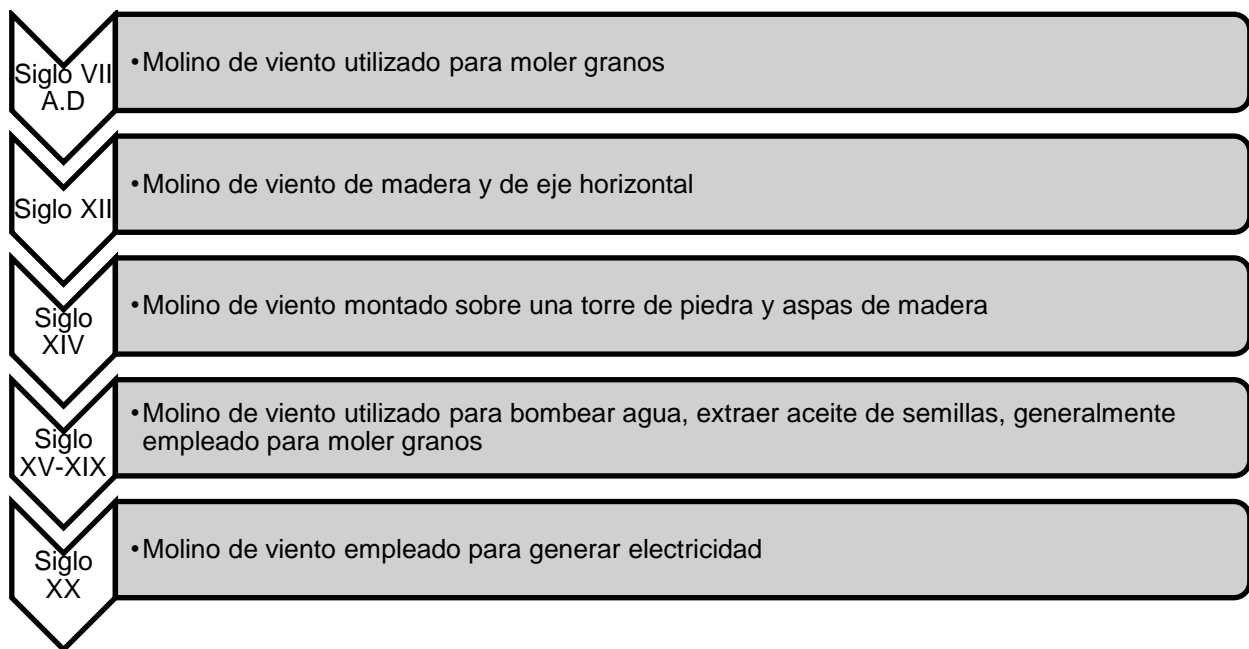
<sup>27</sup> Giancoli C., Douglas. (2006). *Física. Principios con aplicación*. (141-144). Energía Cinética: es la energía asociada al movimiento de un cuerpo. La energía cinética de un objeto en movimiento es igual al trabajo requerido para llevarlo desde el reposo hasta la rapidez con que se mueve o bien, el trabajo que el objeto es capaz de realizar antes de volver al reposo.

<sup>28</sup> Motor accionado por el viento, que aprovecha su energía para la producción de electricidad, en el caso de una central eólica, o para la elevación de agua, en el caso de un molino de viento. [<http://www.wordreference.com/definicion/aeromotor>]

Se requiere que la velocidad del viento sea constante para poder mover las aspas del aerogenerador. Su eficiencia dependerá del tipo de eje o número de palas de la turbina. Los aerogeneradores deben tener estructuras elevadas para aprovechar la altura en donde el viento tiene mayor velocidad.

## 2.1 Historia del aerogenerador

Una de las máquinas que ha tenido mayor trascendencia en el desarrollo humano, ha sido el molino de viento, el cual ha servido como base para innovar y diseñar los diversos aerogeneradores actuales (**Figura 5**). El molino de viento estaba habitualmente conectado a una bomba hidráulica.



**Figura 5.** Historia del aerogenerador <sup>29</sup>

En el siglo VII a.C. eran usados con fines de irrigación o para moler granos en Persia. No eran muy eficientes, por lo que no tuvieron gran trascendencia.

<sup>29</sup> Santines Cuesta, José María. Martha Martínez Pérez. Antonio Juan Giménez Cabrea. (2008). *Aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011. [[http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas\\_Actividad/Prospectiva\\_Tecnologica/34301686\\_211200911\\_951.pdf](http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Prospectiva_Tecnologica/34301686_211200911_951.pdf)]

En Francia e Inglaterra, en el siglo XII, se desarrolló un molino de viento, el cual se expandió por toda Europa. Éste era de madera y de eje horizontal, a lo largo de los siglos tuvo varias mejoras, una de las más significativas fue el incremento del diámetro en el rotor, tenía de tres a cinco metros, el número de aspas montadas horizontalmente era de 14 a 20, y contaba además con un mecanismo que lo hacía mantener constante la velocidad del molino a diferentes velocidades del viento. Desde 1745 las aspas ya no necesitaron ser empujadas para captar el viento. En 1900, Holanda poseía más de 900 molinos de viento con aspas de metal.

En el siglo XX las plantas de energía eléctrica estaban lejos de las comunidades, por lo que un gran número de fabricantes diseñaron y elaboraron los cargadores de viento. La electricidad generada por los anteriores era del tipo de corriente continua de seis a 32 volts, y se almacenaba en baterías. La diferencia entre los cargadores y los molinos de viento granjeros, era que el rotor solamente contaba con dos o tres aspas. Este tipo de rotor fue producido de 1930 a 1960 y generaba hasta un kW.<sup>30</sup>

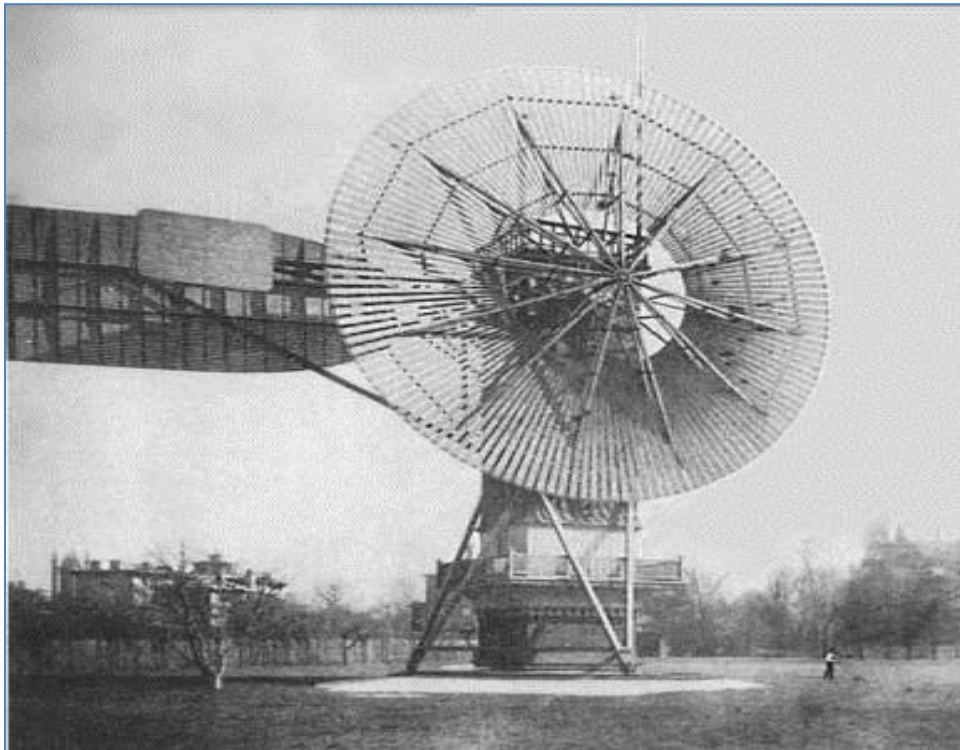
---

<sup>30</sup> *Ibidem.*



**Los pioneros de los aerogeneradores fueron:**

Charles F. Brush (1849-1929): Construyó en 1887, lo que se cree que es la primera turbina eólica de funcionamiento automático para generar electricidad. El diámetro del rotor era de 17 metros y constaba de 144 aspas fabricadas en madera de cedro, a pesar del tamaño sólo generaba 12 kW<sup>31</sup> (**Figura 6**).



**Figura 6.** Primera turbina construida en 1887 <sup>1</sup>

<sup>31</sup> Borja, Marco. (2007). Instituto de investigaciones eléctricas. Gerencia de Energías no Convencionales. *Taller de introducción a la Tecnología de Aerogeneradores*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011.

[[http://www.iie.org.mx/proyectoMEM/docpdf/Modulo\\_01\\_Introduccion.pdf](http://www.iie.org.mx/proyectoMEM/docpdf/Modulo_01_Introduccion.pdf)]

Primera turbina construida en 1887

[<http://www.islandnet.com/~see/weather/graphics/photos0910/brushwindturbine.jpg>]

Poul La Cour Museet (1846-1908): Pionero de la aerodinámica, construyó su propio túnel de viento. Utilizaba la electricidad generada por sus turbinas eólicas (**Figura 7**) para producir electrólisis<sup>32</sup> y obtener hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela. Fundó la “*Society wind electricians*” en 1905, y publicó en Dinamarca la primera revista sobre electricidad generada por medios eólicos.<sup>33</sup>



**Figura 7.** Turbina construida por Poul La Cour <sup>II</sup>

<sup>32</sup> Electrólisis: proceso dónde se separan los elementos del compuesto que forman, se usa para ello electricidad. La palabra electrólisis viene de las raíces *electro*: electricidad y *lisis*: separación. (*Diccionario de la Lengua Española*)

<sup>33</sup> Borja, Marco. *Op. cit.*

<sup>II</sup> Turbina construida por Poul La Cour [<http://www.poullacour.dk/images/forsogsmollerne.jpg>]

Johannes Juul (1887-1969): Alumno de Poul La Cour, construyó, para la compañía eléctrica SEAS, el aerogenerador Gedser en 1956 (**Figura 8**), el cual fue ubicado en la costa de Gedser (en el sur de Dinamarca). El aerogenerador tripala (tenía tres palas), contaba con orientación electromecánica y como un generador asíncrono, inventó los frenos aerodinámicos de emergencia en la punta de la pala, éstos se sueltan por la fuerza centrífuga en caso de una sobre velocidad. Durante 11 años funcionó sin darle mantenimiento. Fue el primer aerogenerador de corriente alterna.<sup>34</sup>



**Figura 8.** Turbina construida por Johannes Juul <sup>III</sup>

## 2.2 Aerogenerador

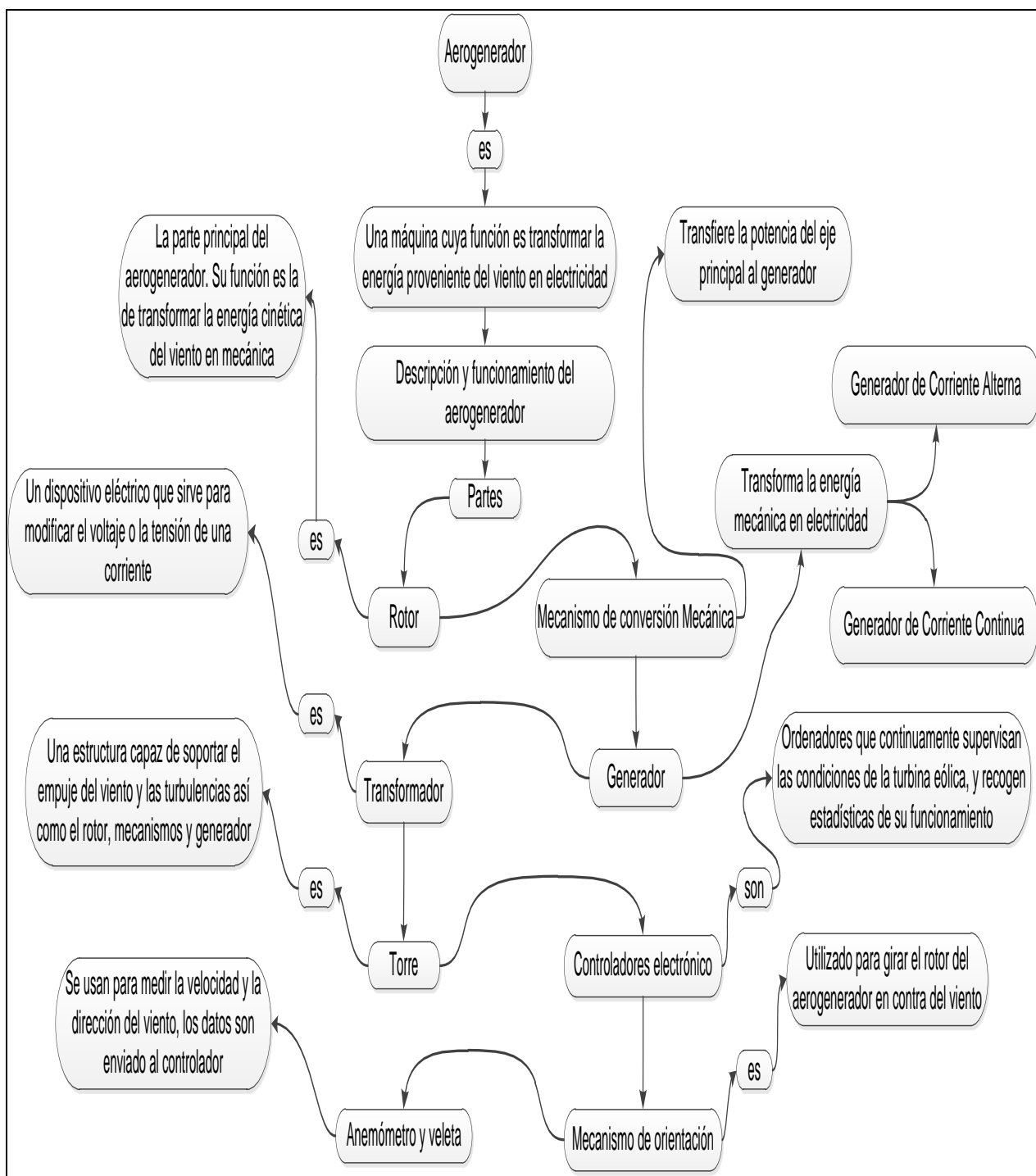
Artefacto mecánico (máquina) cuya función es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, es decir, produce electricidad al captar la energía de la

<sup>34</sup> *Ibidem.*

<sup>III</sup> Turbina construida por Johannes Juul

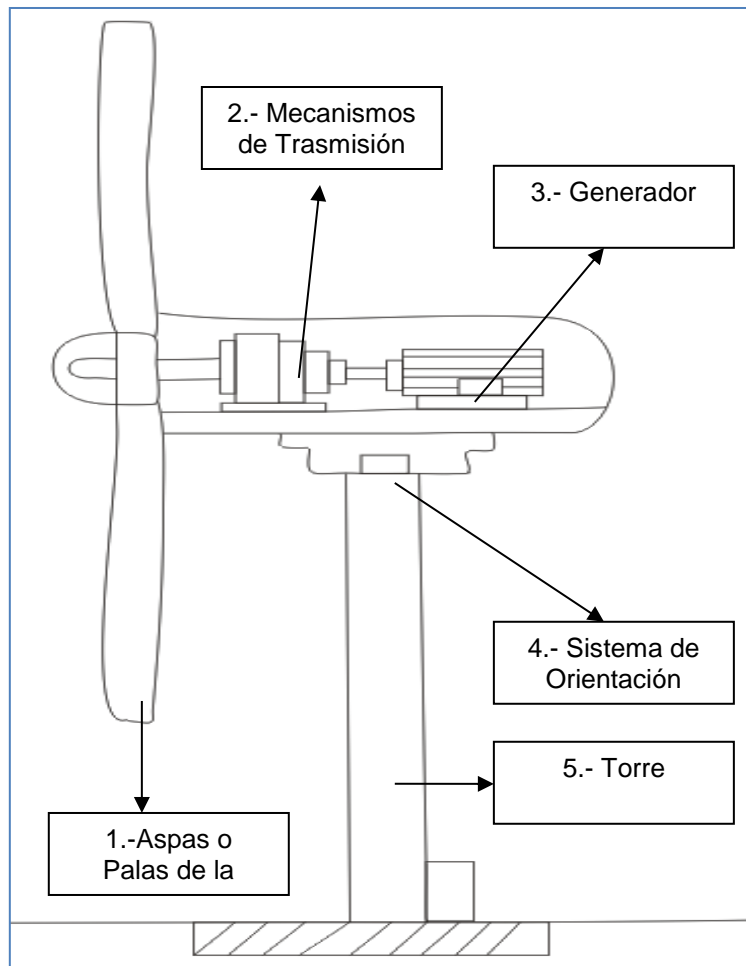
[<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/1/01/02/08/res/gedser2.jpg>]

fuerza del viento. Las partes que lo componen son: rotor, generador y transformador.



**Figura 9. Aerogenerador** <sup>35</sup>

<sup>35</sup> Energía eólica FAQ. Recuperado de [<http://www.ewea.org/>]



**Figura 10.** Partes de un aerogenerador<sup>IV</sup>

Las partes más importantes que conforman un aerogenerador son las siguientes (Figura 9 y 10):

1. La mayoría de los aerogeneradores tienen tres aspas diseñadas aerodinámicamente. Las aspas giran sobre un eje que se conecta a un generador para producir electricidad.
2. Los mecanismos de transmisión utilizan engranes. Los engranajes tienen la función de transmitir y aumentar la velocidad de rotación del eje al generador, cuando incrementan las revoluciones por minuto de mil a mil 800 veces.<sup>36</sup>

<sup>IV</sup> Partes de un aerogenerador. Aguirre Contreras Javier (2012).

<sup>36</sup> Energía eólica FAQ. Recuperado de [<http://www.ewea.org/>]

3. El generador es el encargado de transformar la energía mecánica en electricidad, existen diferentes tipos de generadores.<sup>37</sup>
4. El sistema de control ayuda al aerogenerador a disminuir el sobrecalentamiento y a corregir cualquier falla en el funcionamiento de sus componentes, pues es el encargado de supervisar las condiciones del aerogenerador.
5. La torre es el soporte del aerogenerador, por lo que su diseño debe ser de tal forma, que resista las vibraciones y el peso del sistema eólico. Las torres pueden ser fabricadas de celosía, de mástil tensado o mixto, siendo algunas de sus características particulares las siguientes:
  - a) Las torres de celosía son fabricadas con perfiles de acero soldados. La ventaja de este tipo de torres es su bajo costo, pues sólo se utiliza la mitad del material que en cualquier otro tipo de torre. Una desventaja es la estética que presenta la torre. Para los aerogeneradores modernos, ya no se fabrican este tipo de torres.
  - b) Las torres de mástil tensado, son sostenidas por cables tensores. Su ventaja es el ahorro en peso (kg) y costo (\$). La desventaja que presentan es que los cables ocupan espacio y el acceso es difícil.
  - c) Se pueden desarrollar torres mixtas, resultado de la combinación de la celosía y mástil, lo que permite tener mayor grado de seguridad para el aerogenerador. En la actualidad, las torres son hechas por estructuras de acero cubiertas de concreto.

Una de las variables que más influyen para que el aerogenerador produzca electricidad es el viento. Los aerogeneradores producen electricidad con una velocidad de 3-4m/s, si el viento alcanza velocidades de más de 30 m/s, lo cual sucede en raras ocasiones, las turbinas se detienen automáticamente debido a que pueden dañarse.

La Unión Europea (UE) generó 74,767 GW en el año 2009, lo que produjo 163 TWh de energía eléctrica.

---

<sup>37</sup> Véase el capítulo 3: Generador de Corriente Continua (cc) y Generador de Corriente Alterna (CA).

En el 2009 se evitó la emisión de 106 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, con el uso de la energía eólica, esto equivale a que el 25% de los automóviles de la Unión Europea circulen durante un año, y se produzca suficiente electricidad como para alimentar a 82 millones de vehículos eléctricos.<sup>38</sup>

## **2.3 Tipos de Aerogeneradores**

Existen diferentes tipos de aerogenerador que se clasifican según su eje y número de palas.

### **2.3.1 Clasificación según su eje**

Los aerogeneradores pueden ser de dos tipos de ejes: los de eje vertical y los de eje horizontal.

#### **2.3.1.1 Aerogeneradores de eje vertical**

El aerogenerador de eje vertical fue diseñado por Georges Darrieus en 1931 (**Figura 11**), actualmente es el de mayor fabricación de tipo de eje vertical. Se localiza en la base de la torre y utiliza dos aspas de aluminio ensambladas por un tubo metálico tanto en la parte inferior, como en la superior de las aspas. Este aerogenerador alcanzaba su potencia máxima con una velocidad de viento de 45 km/h.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Energía eólica FAQ. Recuperado de [<http://www.ewea.org/>]

<sup>39</sup> Núñez Antezana, Cristóbal Juan. (2004). *Diseño y construcción de un prototipo de generador eólico de eje vertical*. Recuperado el 22 de septiembre de 2010.

[<http://www.uv.es/-navasqui/Otros Aerogeneradores/ Aerogen-vertical.pdf>]

^ Aerogenerador de eje vertical

[[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Darrieus\\_rotor001.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Darrieus_rotor001.jpg)]



**Figura 11.** Aerogenerador de eje vertical<sup>V</sup>

**Las principales desventajas de un Aerogenerador de eje vertical son:**

1. Las velocidades del viento cerca del suelo son muy bajas, por lo que, a pesar de que no necesitan una torre, las velocidades de viento serán mínimas en la parte inferior de su rotor.
2. La mayoría de las turbinas verticales producen energía al 50% de la eficiencia de las turbinas horizontales.
3. La máquina no es de arranque automático; es decir, una máquina Darrieus necesita de un empuje antes de arrancar.
4. Necesita de cables tensores que la sujeten. Lo cual no es muy práctico porque ocupa más espacio.

**Algunas ventajas del Aerogenerador de eje vertical son:**

1. Pueden situar tanto al generador como al mecanismo de transmisión en el suelo, por lo que no necesita una torre para la turbina.



2. No requieren de un sistema de orientación para girar el rotor en contra del viento.

### **2.3.1.2 Aerogeneradores de eje horizontal**

El rotor está acoplado a un soporte donde se encuentra el generador. Actualmente, los aerogeneradores de eje horizontal son los más comerciales (**Figura 12**), debido a la potencia que alcanzan. El movimiento de rotación se origina por la incidencia del viento sobre las aspas, que están orientadas con cierto ángulo respecto al aerogenerador. La fuerza del viento se descompone en dos vectores, uno axial que tiende a empujar el aspa y otro tangencial que la hace girar. La finalidad del rotor es la de convertir la energía cinética del viento en mecánica para hacer funcionar el generador.<sup>40</sup>

#### **Desventajas de los aerogeneradores de eje horizontal**

1. Tienen problemas para funcionar cerca del suelo, debido a las turbulencias que puedan originarse.
2. Las torres altas y las palas largas son difíciles de transportar.
3. Su instalación es complicada pues necesita de grúas poderosas y operadores hábiles.
4. Los aerogeneradores altos pueden afectar los radares de los aeropuertos.
5. Necesitan grandes extensiones de tierra donde puedan ser colocados.

#### **Ventajas de los aerogeneradores de eje horizontal**

1. Los aerogeneradores pueden recoger la máxima cantidad de energía eólica en cada día y estación del año.

---

<sup>40</sup> Nuñez Antezana. *Op. cit.*

2. Las torres altas permiten acceder a vientos más fuertes en sitios con cizalladura.<sup>41</sup>



**Figura 12.** Aerogenerador de eje horizontal <sup>VI</sup>

### **2.3.2 Clasificación según el número de palas**

Por el número de palas o aspas que tienen los distintos aerogeneradores, se pueden clasificar en: monopalas, bipalas o tripalas.

#### **2.3.2.1 Monopala (una sola aspa)**

Los aerogeneradores monopala, ahorran el costo de otras aspas. Idealmente, se obtendría mayor rendimiento con menor número de aspas, debido a que la estela que deja un aspa es recogida por la pala siguiente, lo que hace que ésta se frene. En teoría el aerogenerador de un aspa sería el de mayor rendimiento, pero éste

<sup>41</sup> La cizalladura del viento es la diferencia de velocidad o de dirección entre dos puntos en la atmósfera terrestre

[<http://www.flap152.com/2011/02/la-cizalladura-del-viento.html>]

<sup>VI</sup> Aerogenerador de eje horizontal

[[http://www.ipsnoticias.net/fotos/Parque\\_eolico\\_en\\_Oaxaca\\_Mauricio\\_RamosIPS.jpg](http://www.ipsnoticias.net/fotos/Parque_eolico_en_Oaxaca_Mauricio_RamosIPS.jpg)]

tiene un arranque pobre. Los aerogeneradores monopala (**Figura 13**) no son muy comerciales, pues los mismos inconvenientes de los bipala son aplicables, incluso en mayor medida, a los monopala. Además de una mayor velocidad de giro y de los problemas de ruido, necesitan un contrapeso en el lado del buje opuesto a la pala que equilibra el rotor. Obviamente, esto anula el ahorro de peso comparado con un diseño bipala.<sup>42</sup>



**Figura 13.** Monopala<sup>VII</sup>

---

<sup>42</sup> Ruiz, Manuel J.. (2005). *Seminario de energías renovable*. Recuperado el 22 de agosto de 2011.  
[<http://mami.uclm.es/jmruiz/materiales/Documentos/eolica.pdf>]

<sup>VII</sup> Monopala  
[<http://static.panoramio.com/photos/original/2007576.jpg>]

### 2.3.2.2 Bipala (dos Aspas)

Los aerogeneradores bipala (**Figura 14**), tienen problemas de estabilidad porque en el preciso instante en que el aspa más alta se flexiona hacia atrás, se obtiene la máxima potencia, pero la pala más baja pasa por la sombra del viento de enfrente de la torre. Los diseños de aerogeneradores bipala tienen la ventaja de ahorrar el costo de un aspa, además de que pesan menos. Estos aerogeneradores y los monopala requieren de un diseño más complejo, pues el rotor tiene que ser capaz de inclinarse, para impedir las fuertes sacudidas en la turbina cada vez que un aspa pasa por la torre. Esta disposición puede necesitar de amortiguadores adicionales que eviten que las aspas del rotor choquen contra la torre.<sup>43</sup>



**Figura 14.** Bipala <sup>VIII</sup>

---

<sup>43</sup> Ruiz, Manuel J. *Op. cit.*

<sup>VIII</sup> Bipala

[[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Mod-2\\_Wind\\_Turbine\\_Cluster3.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Mod-2_Wind_Turbine_Cluster3.jpg)]

### **2.3.2.3 Tripala Danés (tres aspas)**

A este diseño se le conoce como el clásico “concepto danés”, fue introducido por primera vez con el célebre aerogenerador de Gedser (**Figura 15**), y tiende a generalizarse su uso gracias a la buena estabilidad y eficiencia de su estructura. La mayoría de los aerogeneradores comerciales poseen este tipo de forma. Además de los aerogeneradores tripala existen también los multi-aspas (más de cuatro aspas), los cuales no son muy comerciales.<sup>44</sup>



**Figura 15.** Tripala <sup>IX</sup>

---

<sup>44</sup> *Ibídem*

<sup>IX</sup> Tripala

[<http://img.renovablesverdes.com/wp-content/uploads/2011/01/aerogenerador.jpg>]

## **2.4 Industria eólica en el mundo 2011**

Los aerogeneradores comerciales tienen tres aspas en la hélice, y pueden tener hasta 60 m de longitud.

Hoy, se fabrican aerogeneradores con una potencia de 2.5 a tres MW, con esta energía se puede proveer de electricidad a mil 500 hogares. La turbina eólica más grande en el mundo produce siete MW y el diámetro de su rotor tiene 127 m. Las torres son, en su mayoría, tubulares hechas de acero u hormigón, por lo general se pintan de color gris claro debido a que son poco visibles en condiciones de excesiva luminosidad. El acabado es de color mate para reducir la luz reflejada. Las aspas se fabrican con poliéster reforzado con fibra de vidrio o epoxi de madera. Los niveles de ruido de los aerogeneradores deben estar dentro de los parámetros establecidos por la legislación nacional respectiva.

Un parque eólico<sup>45</sup> que genera 50 MW tarda entre 18 meses a dos años en funcionar completamente. El tiempo mencionado se utiliza para medir las velocidades del viento a lo largo del año, así como para obtener todos los permisos de construcción requeridos. La construcción tarda, generalmente, seis meses.

La vida útil de los aerogeneradores es de 20 o 25 años. Normalmente funcionan con vientos de cuatro a cinco m/s y alcanzan su potencia máxima con 15 m/s, a velocidades mayores de 25 m/s automáticamente se apagan o se desconectan, para no sufrir un daño significativo. El viento es variable, pero predecible, por esto, los lugares dónde se instalen los parques eólicos, se eligen después de un cuidadoso análisis (para determinar el patrón del viento, su fuerza relativa y la dirección en diferentes momentos del día, mes y año). Esto permite establecer un pronóstico de la probable producción que se realizó anticipadamente. La información se pone a disposición de los operadores de las redes que distribuyen la electricidad, ya que, la mayoría de las personas tienen la idea de que los aerogeneradores no funcionan si no hay viento.

---

<sup>45</sup> Una instalación eólica a gran escala es llamada granja eólica o parque eólico, consiste en una colección de aerogeneradores.

El uso de la energía eólica ha crecido considerablemente durante los últimos 10 años, por varias razones: evita la emisión de gases contaminantes que contribuyen al efecto invernadero; no genera residuos radioactivos o contaminación del agua; y a diferencia de otras fuentes de generación de electricidad, no utiliza agua y no causa daños al medio ambiente a través de la extracción de combustible o la gestión de residuos. (Tabla 2).

Fuente de Energía	CO <sub>2</sub> Bióxido de Carbono	NO <sub>2</sub> Dióxido de Nitrógeno	SO <sub>2</sub> Dióxido de Azufre	Partículas	CO Monóxido de carbono	Hidrocarburos	Residuos Nucleares	Total
Carbón	1.05	2.98	2.97	1.626	0.26	0.10	-	8.986
Gas Natural (ciclo Combinado)	824	0.25	0.33	1.17	TR	TR		825.75
Nuclear	8.6	0.03	1.02	0.003	0.01	0.001	3.64	12.3
Fotovoltaica	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	-	5.9
Biomasa	0	0.614	0.154	0.512	11.357	0.768	-	13.4
Geotérmica	56.8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56.8
<b>Eólica</b>	<b>7.4</b>	<b>TR</b>	<b>TR</b>	<b>TR</b>	<b>TR</b>	<b>TR</b>	<b>-</b>	<b>7.4</b>
Solar Térmica	3.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3.6
Hidráulica	6.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6.6

**Tabla 2.** Comparación del Impacto Ambiental de las diferentes formas de producir electricidad (en Toneladas por GWh producido):

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y AEDENAT (2000)

TR= trazas. Cantidades menores a las diezmilésimas partes requeridas.

NOTA: Los valores de emisiones consideran también las emitidas durante el periodo de construcción de los equipos.

La energía eólica representa para el planeta, un impacto ambiental relativamente menor en comparación con otras fuentes de energía convencional. Sin embargo, hay rechazo para su uso, por parte de algunos grupos de ambientalistas. Sus principales razones son:

1. El ruido producido por el motor.
2. El impacto visual de su estructura considerado como antiestético, pues generalmente, los aerogeneradores se encuentran en entornos naturales. Para su instalación se requieren grandes espacios dada su elevada altura y anchura, además se consideran ineficientes en la producción de energía con

respecto a otras fuentes renovables, ya que, únicamente el 59% de la energía proveniente del viento puede ser utilizada.

3. La muerte de cientos de aves que colisionan con las aspas de los aerogeneradores. Pero, las aves que mueren al sobrevolar las turbinas de viento, sólo representan una pequeña fracción de las causadas por otras fuentes relacionadas con el hombre, tales como aviones y edificios.

4. El viento es una fuente de energía intermitente. Por lo tanto, la energía eólica requiere de acumuladores para almacenar la electricidad generada.

5. Los aerogeneradores están siempre sujetos a una evaluación de impacto ambiental, para garantizar que su efecto potencial sea mínimo en el entorno inmediato, incluidas la fauna y la flora. Antes de iniciar la construcción de cualquier parque eólico, son cuidadosamente considerados y evaluados todos los habitantes del entorno ambiental.

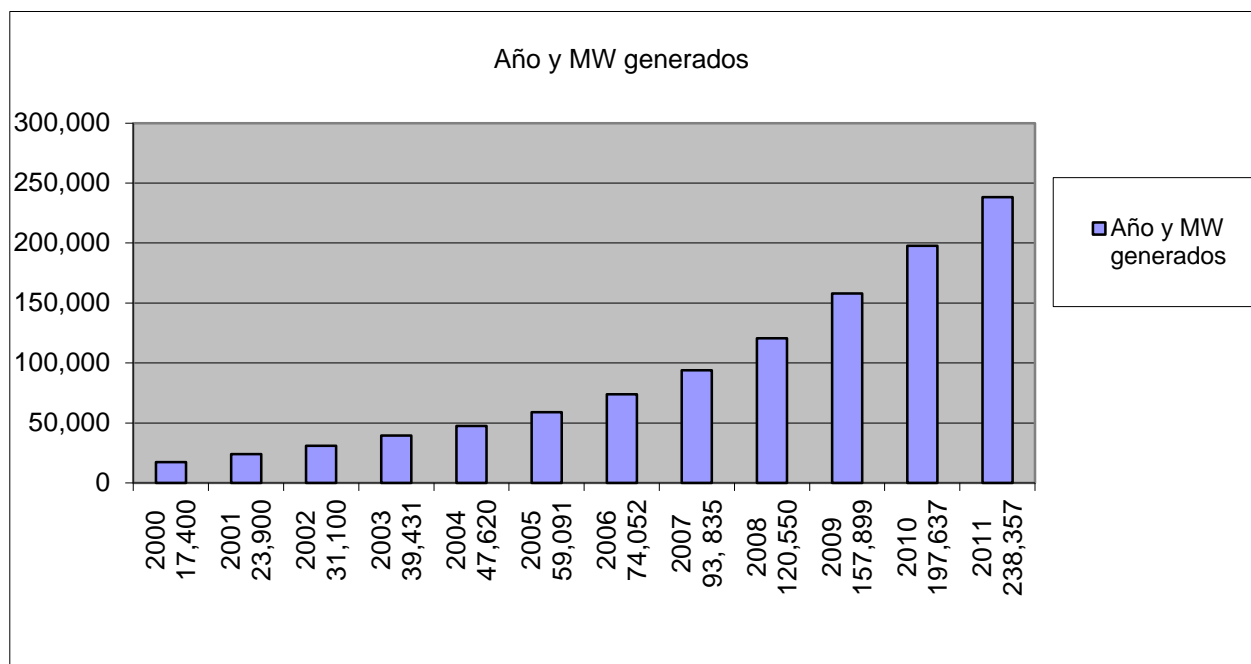
6. El sonido de los aerogeneradores se ha reducido significativamente. Los componentes mecánicos hacen menos ruido con las mejoras realizadas a su diseño, esto con el fin de que el sonido más audible, sea el de la interacción del viento con las aspas de la hélice.

La energía eólica es la fuente de energía renovable más respetuosa y limpia del medio ambiente. No emite tantos gases de efecto invernadero ni los contaminantes comunes del aire. La emisión de partículas suspendidas es mínima, en comparación con la emitida por la quema de combustibles fósiles, las cuales agravan los efectos cancerígenos que éstas pueden tener, deteriorando gravemente la salud humana. Los sonidos o vibraciones emitidos por los aerogeneradores, no tienen ningún efecto adverso sobre la salud de los seres humanos.

Un Megawatt por hora (MWh) de electricidad producida por la combustión de una tonelada de carbón emite alrededor de una tonelada de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>); la misma cantidad de electricidad obtenida a partir del gas natural produce la mitad,



mientras que la electricidad producida utilizando la energía eólica no emite cantidad significativa alguna de CO<sub>2</sub>. Debido a lo anterior el uso de la energía eólica ha crecido vertiginosamente durante la última década. (Figura 16).



**Figura 16.** Capacidad eólica aprovechada en el mundo en los últimos 12 años

Fuente: Global Wind Energy Council (2011)

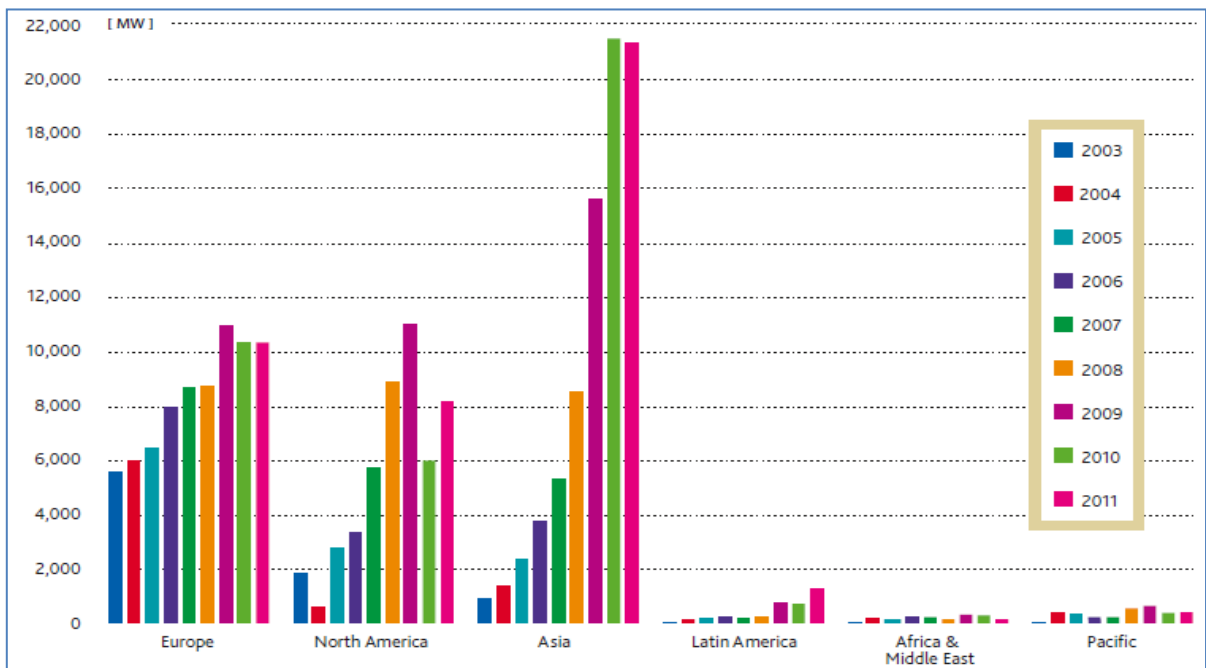
La Comisión Europea calcula que para el 2020, del total de la electricidad generada en Europa, el 20% se obtendrá de diversas fuentes de energías renovables, lo que permitirá la creación de 2.8 millones de empleos, muchos de los cuales se encontrarán ubicados en la industria eólica. Esto hará que la economía de los países europeos no esté expuesta a los cambios inesperados en los precios de los combustibles fósiles, y por lo tanto, que la región sea menos dependiente de las importaciones del combustible fósil proveniente de zonas políticamente inestables.

El constante aumento en el precio de los combustibles fósiles, ha permitido incrementar la competitividad de la energía generada por el viento, la cual tiene cero costos con respecto a este tipo de combustibles y produce cero emisiones de CO<sub>2</sub>. La energía eólica también puede reducir los precios de la electricidad introduciendo una mayor competencia en el mercado de las energías renovables.

El precio final de la electricidad producida por medio de combustibles fósiles, se compone de cuatro costos parciales, los cuales son:

- a) Combustible
- b) CO<sub>2</sub>
- c) Operación–Mantenimiento
- d) Capital (incluyendo planificación y el lugar de trabajo)

Para la energía eólica, sólo los dos últimos pueden ser aplicados: c) Costos de Operación-Mantenimiento y d) Capital. En 2008, la Agencia Internacional de Energía (AIE) publicó en su revista *Visión Energética Mundial* (World Energy Outlook) las predicciones sobre el futuro de los costos del carbón, el gas y la energía eólica entre el 2015 y 2030. Esta agencia espera que la nueva capacidad de producir energía eléctrica a partir de la energía eólica, sea la opción más económica que usar el carbón y el gas.



**Figura 17.** Capacidad eólica aprovechada en cada continente

Fuente: Global Wind Energy Council (2011)

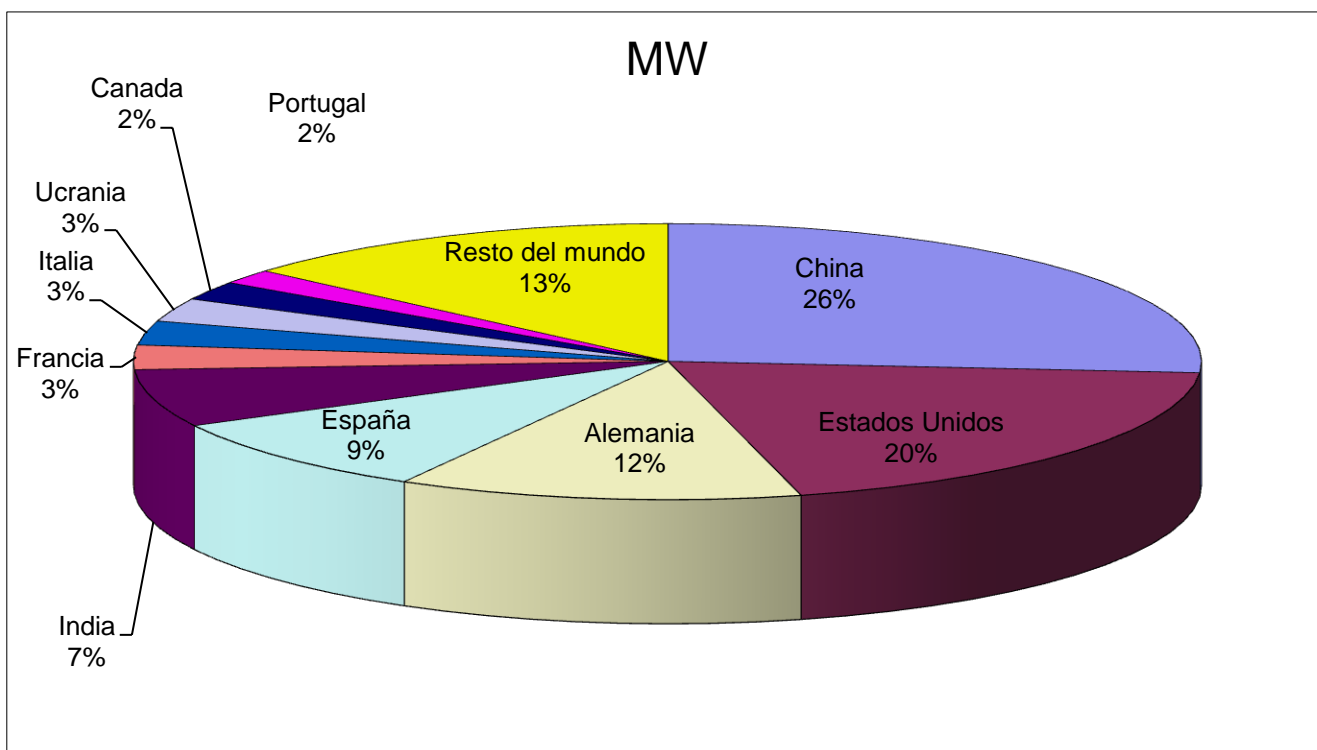
Año con año se ha ido incrementando la capacidad eólica en el mundo (**Figura 17**), y es el continente asiático, principalmente China, el que ha elevado al 222 % su capacidad eólica, al pasar de 5,500 a 21,500 MW producidos de 2007 a 2011, constituyéndose en la primera potencia de producción energética renovable en el mundo, sobrepasando con más de 50% a EE.UU. en producción y consumo de energía eléctrica, debido a los beneficios que representa generar energía eléctrica utilizando este medio. Los aerogeneradores son considerados una alternativa viable de bajo costo, para generar electricidad al aprovechar el viento. La energía eólica es inagotable y, como ya se mencionó, de mínimo impacto ambiental debido a que al no quemar combustibles fósiles, eliminan en gran parte, la emisión de gases de efecto invernadero.

La industria eólica emplea actualmente a 192 mil personas (directa o indirectamente) en Europa, que trabajan en la fabricación de componentes o en la de aerogeneradores, así como también en la planificación, instalación y mantenimiento de parques eólicos y de la previsión de viento.

En Europa el empleo directo se incrementó en 125% entre 2002 y 2007, lo que significa que 33 personas fueron contratadas diariamente, al menos siete días a la semana durante el periodo mencionado.

En Enero del 2009 entraron en funcionamiento 79.9 MW del proyecto eólico de Parques Ecológicos de México (filial de Iberdrola) en el ejido de *La Ventosa* en el municipio de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. Este proyecto que la empresa española Iberdrola realizó junto con Acciona se convirtió en el segundo parque eólico construido en México y el primero desarrollado íntegramente con capital privado, en la construcción de este parque se dio trabajo a un promedio de 300 trabajadores. Durante la edificación del parque eólico *Eurus* en Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, llevado a cabo por Acciona Energía y CEMEX se crearon más de 850 empleos directos en la zona, en tanto que en el parque eólico denominado *La venta* dio empleo a mil personas (Barbará. 2009. pp.30-32).

Para el año 2020 el sector de la energía eólica espera emplear a 450 mil personas en el continente europeo.



**Figura 18.** Los 10 países con mayor aprovechamiento de energía eólica en 2011

Fuente: Global Wind Energy Council (2011)

País		MW	%
1	China	62,733	26.3
2	Estados Unidos	46,919	19.7
3	Alemania	29,060	12.2
4	España	21,674	9.1
5	India	16,084	6.7
6	Francia	6,800	2.9
7	Italia	6,747	2.8
8	Ucrania	6,540	2.7
9	Canadá	5,265	2.2
10	Portugal	4,083	1.7
----	Resto del mundo	32,446	13.6
Total Mundial		238,351	100

**Tabla 3.** Los 10 países con mayor aprovechamiento de energía eólica en 2011

Fuente: Global Wind Energy Council (2011)

Algunas características de los primeros cuatro países con mayor aprovechamiento de la energía eólica, son las siguientes.

**China:** Desde el año 2008, es el país que más ha impulsado el aprovechamiento de la energía eólica en el mundo, hasta convertirse en el mayor productor de energía eólica a finales de 2011, debido esencialmente a sus características geográficas.

**Estados Unidos:** En el año 2009 la electricidad producida, utilizando la energía eólica presento un crecimiento de 50% con respecto al año 2007, debido a que éste es el proyecto principal del gobierno estadounidense con respecto a las energías renovables, así como para favorecer la creación de empleos y ayudar a la preservación del medio ambiente.

**Alemania:** Con apenas 14 años produciendo electricidad con la fuerza del viento, y ya genera por este medio, un tercio de la energía eléctrica producida en el mundo.

**España:** La generación de electricidad por medio de energía eólica ha tenido un aumento espectacular, debido a las iniciativas del gobierno que estimula las inversiones en este sector.<sup>46</sup>

## **2.5 Aprovechamiento de la energía eólica en México**

En México la energía eléctrica generada por medios eólicos representa apenas el 0.2% de la producción total del país. Teniendo una capacidad total a finales del año 2011 de 518 MW.<sup>47</sup>

Los principales parques eólicos de México se encuentran en la Venta, Oaxaca y en Guerrero Negro, Baja California Sur. De acuerdo a los estudios realizados por la Comisión Federal de Electricidad, los parques eólicos deben colocarse en lugares adecuados. Los sitios elegidos deben estar despejados y no tener obstáculos a una altura igual a la torre en 300 metros a la redonda. Los obstáculos afectan al viento, según la teoría de la capa limite.<sup>48</sup> Los parques eólicos mencionados, presentan las siguientes características de generación eléctrica:

---

<sup>46</sup> Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA). (2011). *Reporte mundial de energía eólica*. Recuperado el 30 de enero de 2012.

[[http://www.windea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009\\_e.pdf](http://www.windea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009_e.pdf)]

<sup>47</sup> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *Programa de obras e inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024*. Recuperado el 16 de mayo 2011.

[[http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/1sesion\\_ot/pre\\_sector\\_electrico\\_2010\\_2024.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/1sesion_ot/pre_sector_electrico_2010_2024.pdf)]

<sup>48</sup> Es la teoría que describe como el abrigo de viento es afectado por los obstáculos que se encuentran alrededor del aerogenerador.

1. La central de La Venta I y II se localizan al sur del Istmo de Tehuantepec, tienen una capacidad de 84,875 MW y operan con 105 aerogeneradores.
2. La central de Guerrero Negro en Baja California Sur tiene una capacidad de 0.60 MW y consta de un aerogenerador, el cual proporciona electricidad a las poblaciones aledañas.

<b>Tecnología \ Año</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Turbo Gas y Ciclo Combinado	0.73	1.02	1.07	1.16	1.07	1.06	1.38	0.87	0.90	0.94
Diesel	2.43	3.02	3.61	6.91	6.07	4.81	7.85	8.12	15.91	16.58
Vapor (combustóleo)	0.45	0.62	0.60	0.78	1.02	1.06	1.58	1.50	1.79	2.01
Carboeléctrica y Dual (carbón y combustóleo)	0.47	0.57	0.70	0.65	0.65	0.67	1.10	0.97	0.90	0.96
Geotermoeléctrica	0.36	0.38	0.44	0.41	0.46	0.36	0.59	0.48	0.47	0.56
<b>Eólica</b>	<b>1.16</b>	<b>1.52</b>	<b>1.34</b>	<b>1.87</b>	<b>0.27</b>	<b>0.61</b>	<b>0.74</b>	<b>0.69</b>	<b>1.02</b>	<b>1.84</b>
Nuclear	0.74	0.75	0.95	0.77	0.83	0.91	1.12	1.04	1.91	1.20
Generación Hidroeléctrica	0.47	0.64	0.52	0.49	0.49	0.55	0.49	0.63	0.44	0.51

**Tabla 4.** Costo de Generación por Tecnología (Costos Unitarios en Pesos / KWh)

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (Cédulas Trimestrales Costo Unitario por Proceso de 2002 - 2011)

El Costo de Generación incluye:

- Remuneraciones y prestaciones al personal.
- Energéticos y Fuerza Comprada.
- Mantenimiento y Servicios Generales por Contrato.
- Materiales de Mantenimiento y de Consumo.
- Impuestos y Derechos.
- Otros Gastos.
- Costo de obligaciones laborales.
- Depreciación.
- Indirectos del Corporativo.
- Aprovechamiento.
- Costo Financiero.

Ante la inestabilidad de los precios de los combustibles fósiles y la constante evolución e incremento de los costos de las tecnologías para generar electricidad, la diversificación adquiere una gran importancia para reducir la exposición al riesgo. Para un buen plan de expansión se requiere además de una mayor diversidad a un menor costo de producción (**Tabla 4**).

Las ventajas de una diversificación en la generación de energía eléctrica contra la inestabilidad de los precios de combustibles fósiles son:

1. Mayor protección contra la fluctuación de los precios de los energéticos primarios.

2. Menor dependencia de un proveedor único de combustibles prioritarios.
3. Reducción de la contaminación atmosférica mediante el uso de fuentes de energía renovable.

La energía eléctrica generada por medios eólicos ha reducido su precio, debido a que los fabricantes disminuyeron el costo de los aerogeneradores, pues elaboraron nuevas técnicas de fabricación y emplean herramientas de ingeniería más avanzadas que permiten mejorar el diseño, ofrecen además, un innovador desarrollo tecnológico, para que el aerogenerador incremente su capacidad en la producción de electricidad más barata para los consumidores, en contraste con las otras formas de generar electricidad convencional que tienen un costo de fabricación más elevado.

Existen otros costos en la producción de electricidad que no son económicos, pero repercuten en la salud, en el medio ambiente y en la seguridad para producirla (Tabla 5).

La energía generada por medios eólicos tiene un estímulo económico considerado por el Fondo Verde del Banco Mundial (BM), hasta por un monto máximo de 1.09 centavos de dólar/kWh durante los primeros cinco años de operación de la central. Posterior a esto se consideran los beneficios por venta de bonos de carbono.<sup>49</sup>

<b>Energía eólica: Por cada 250 MW de electricidad generados por medio de la energía proveniente del viento se puede realizar lo siguiente:</b>	
Evita	La emisión de 700 mil toneladas de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.
Sustituye	El consumo de un millón de barriles de petróleo.
Genera	Trabajo a 660 personas en la construcción de parques eólicos y 100 empleos permanentes en su operación y mantenimiento.
Requiere	De 2000 a 8000 ha (hectáreas) de las cuales 15% del área se utilizan para los aerogeneradores y el 85% restante puede ser empleado para la agricultura

**Tabla 5.** Parques eólicos con capacidad de 250 MW

Fuente: USAID (United States Agency International Development). (2009)

<sup>49</sup> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Op. cit.*

Se prevé que en el 2050 México tendrá una capacidad de 300 MW, provenientes de la energía eólica, con lo que probablemente se dejarían de quemar 120 millones de barriles de petróleo diariamente.<sup>50</sup>

Además de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) existen diversas compañías de capital privado que generan electricidad por medio del viento. Los principales desarrolladores de parques eólicos son compañías españolas por ejemplo, Iberdrola, Gamesa, etc. (Tabla 6), ya sea para su autoconsumo o para vender a la CFE, debido a que en el marco regulatorio<sup>51</sup> de México, respecto a la producción de electricidad generada por empresas privadas, impide la venta directa entre particulares. Existe la certeza de que los proyectos de energía eólica en México van a ir creciendo a lo largo de los años.

---

<sup>50</sup> United States Agency International Development (USAID). (2009). *Elementos de promoción para la energía eólica*. Recuperado el 30 de abril de 2011. [[www.amdee.org/LiteratureRetrieve.aspx?ID=44031](http://www.amdee.org/LiteratureRetrieve.aspx?ID=44031)]

<sup>51</sup> Véase el capítulo 6: Beneficio ambiental.



Proyectos de Energía Eólica en México 2011					
Proyectos en Operación					
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	FOC	MW
La venta	Oaxaca	OPF	CFE	1994	1.6
La venta II	Oaxaca	OPF	CFE	2006	83.3
Parques Ecológicos de México	Oaxaca	Autoabastecimiento	Iberdrola	2009	79.9
Eurus 1ra Fase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	2009	37.5
Eurus 2da. fase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	2010	212.5
Gobierno de Baja California	Baja California	OPF	GBC-Turbo Power Service	2010	10
Bii Nee Stipal	Oaxaca	Autoabastecimiento	CISA-Gamesa	2010	26.35
La Mata-La Ventosa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eléctrica del Valle de México (EDF-EN)	2010	67.5
Total parcial					518.63
Proyectos en Construcción					
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	FOC	MW
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	2010-2011	50
La venta III	Oaxaca	PEE	CFE-Iberdrola	2010	101
Oaxaca I	Oaxaca	PEE	CFE-EYRA	2010	101
Oaxaca II, III, IV	Oaxaca	PEE	CFE/Acciona	2011	304.2
Los Vergeles	Tamaulipas	Autoabastecimiento	GSEER	2011	161
Total parcial					717.2
Proyectos en Desarrollo					
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	FOC	MW
Energía Alterna Istmeña	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	2011-2014	215.9
Energía Alterna Mareña	Oaxaca	Autoabastecimiento	Preneal	2011-2014	180
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Peñoles	2011-2012	30
Bii Hioxio	Oaxaca	Autoabastecimiento	Unión Fenosa	2010-2014	227.5
Bii Stino	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Istmo (Eolia)	2010-2013	164
Santo Domingo	Oaxaca	Autoabastecimiento	Eoliatec del Pacifico (Eolia)	2010-2014	160
Bii Neetipa	Oaxaca	Autoabastecimiento	CISA-Gamesa	2010-2014	288
Desarrollo Eólico Mexicanos	Oaxaca	Autoabastecimiento	Renovalia	2010-2014	227.5
Zapoteca de Energía	Oaxaca	Autoabastecimiento	Alesco, S.A de C.V	2014	140
Vaquerias La Paz	Jalisco	Autoabastecimiento	Eoliatec de México	2014	60
Chinanpas	Jalisco	Autoabastecimiento	Eoliatec de México	2014	64
Unión Fenosa	Baja California	Exportación	Gas Natural/Unión Fenosa	2011-2014	1000
Sempre	Baja California	Exportación	Sempre	2011-2014	1000
Asociados Panamericanos	Baja California	Exportación	Asociados Panamericanos	2011-2014	1000
WindPower de México	Baja California	Exportación	WindPower de México	2011-2014	500
Fuerza Eólica de Baja California	Baja California	Exportación	Fuerza Eólica	2011-2014	400
Total parcial					5,556.9
Total MW					6,792.7

**Tabla 6.** Proyectos eólicos en México (2011)

OPF: Obra Pública Financiada

FOC: Fecha de Operación Comercial

PEE: Productor Externo de Energía

Fuente: Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE). (2011)

### **2.5.1 Aprovechamiento eólico en la Zona Metropolitana del Valle de México**

En la Zona Metropolitana del Valle de México existen proyectos para el aprovechamiento de la energía eólica, un ejemplo de éstos se encuentran en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, la cual instaló dentro de la misma tres luminarias híbridas, cada una con capacidad total de 380 watts, de los cuales 300 w lo produce el aerogenerador y 80 w los cuatro paneles solares. Cada luminaria tiene 672 leds de 30 w, con lo anterior se dejan de emitir 5.7 toneladas de dióxido de carbono al año, lo cual equivale a 70 postes de alumbrado público localizados dentro del estacionamiento de la Universidad.<sup>52</sup>

Se pretende instalar un parque eólico en la Ciudad de México, ubicado en las inmediaciones de las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta, en una meseta adyacente a la carretera Xochimilco-Oaxtepec, el parque eólico tendrá 15 aerogeneradores con una capacidad total de 30 MW, con un costo inicial de 60 millones de dólares.<sup>53</sup>

En México la institución encargada de la regulación de la energía eléctrica es la Comisión Reguladora de Energía (CRE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía (SENER) con autonomía técnica, operativa y regulatoria propia del sector eléctrico, gas natural y gas LP en México. En el año de 1995 la CRE pasó de ser un órgano consultivo a la autoridad reguladora en materia de electricidad.

El objetivo fundamental de la CRE es promover el desarrollo eficiente de la industria eléctrica, gas natural y gas LP, mediante una regulación que permita cumplir las siguientes funciones:

- a) Salvaguardar la prestación de servicios
- b) Fomentar una sana competencia
- c) Proteger los intereses de los usuarios
- d) Propiciar una adecuada cobertura nacional

---

<sup>52</sup> Ponce Miranda Gabriela. (2012). Luminarias híbridas en la UAM-A. *Aleph ilustra diseño*. Universidad Autónoma Metropolitana. año 16. Volumen 5. Número 171. 7 pp. Recuperado el 08 de julio de 2012. [<http://www.azc.uam.mx/coordinaciones/publicaciones/adjuntos/Marzo2012.pdf>]

<sup>53</sup> Guillén Solís Omar y Mendoza Saavedra Jorge. (2010). Proyecto de parque eólico para la Ciudad de México. *energía a debate.com*. Recuperado el 08 de julio de 2012. [<http://energiaadebate.com/proyecto-de-parque-eolico-para-la-ciudad-de-mexico/>]

- e) Atender la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro energético y la prestación de los servicios.

Las formas por medio de las cuales los particulares pueden tramitar y, en su caso, obtener permisos para la generación e importación de energía eléctrica, son las siguientes:

1. Autogeneración: es la generación de energía eléctrica con fines de autoconsumo siempre y cuando, dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales y no resulte inconveniente para el país.
2. Cogeneración: es la producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambas. Puede ser producida directa e indirectamente de la energía eléctrica generada a partir de la energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, al usar combustibles producidos en los procesos anteriores.

En este proceso, es indispensable que la electricidad generada se destine a la satisfacción de las necesidades de los establecimientos asociados a la cogeneración, entendidos como tales las personas físicas o morales que:

- a) Utilicen o produzcan el vapor, la energía térmica o los combustibles que dan lugar a los procesos base de la cogeneración.
  - b) Sean copropietarios de las instalaciones o miembros de la sociedad constituida para realizar el proyecto.
3. Producción independiente: es la generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor de 30 MW, destinada exclusivamente a su venta a la CFE o a la exportación.
  4. Pequeña producción: es la generación de energía eléctrica destinada a:

- a) La venta a la CFE de la totalidad de la electricidad generada, en cuyo caso los proyectos no podrán tener una capacidad total mayor de 30 MW en un área determinada.
- b) El autoabastecimiento de pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan del servicio de energía eléctrica, en cuyo caso los proyectos no podrán exceder de un MW.
- c) La exportación, dentro del límite máximo de 30 MW.

5. Exportación: la generación de energía eléctrica se destina a la exportación, a través de proyectos de cogeneración, producción independiente y pequeña producción. Deben cumplir las disposiciones legales y reglamentarias aplicables según sea el caso. Los permisionarios en esta modalidad no pueden enajenar dentro del territorio nacional la energía eléctrica generada, salvo que obtengan permiso de la CRE para realizar dicha actividad.

6. Importación: es la adquisición de energía eléctrica proveniente de plantas generadoras establecidas en el extranjero, mediante actos jurídicos celebrados directamente entre el abastecedor de la energía eléctrica y el consumidor de la misma.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> Secretaría de Energía (SENER). (2008). *Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017*. Recuperado el 17 de abril de 2011.  
[[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf)]

# **Capítulo III**

## **MiniTurbi**

El MiniTurbi es un producto que aprovecha la fuerza del aire durante los recorridos del automóvil para generar energía eléctrica; por su tamaño, es ideal para instalarlo en el exterior del vehículo, en lugar de los faros de niebla que miden 12 cm de diámetro.

La electricidad generada por el MiniTurbi es almacenada en el acumulador del automóvil, lo que permite, en el caso de los autos eléctricos que requieren de un tomacorriente para recargar sus baterías, además de reducir el consumo de electricidad para que los usuarios no se preocupen por un enchufe en recorridos largos.

El funcionamiento del MiniTurbi es sencillo, se colocan dos de ellos en la fascia del automóvil; las hélices de los pequeños aerogeneradores transforman la energía del viento en energía mecánica, la que se trasmite, por medio de los engranes, al generador para que éste convierta esa energía en electricidad, la cual se almacena en el acumulador del automóvil (**Figura 19, 20 y tabla 7**).

En la actualidad existen pequeños aerogeneradores tales como el Honeyweell wind turbine, Windbelt, Turbina Australiana, entre otros. En México el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) ha diseñado pequeños aerogeneradores con capacidad de generar 500 w para proporcionar energía eléctrica a la zona rural<sup>55</sup>, cuya función es la de producir energía eléctrica para solucionar la mayoría de las necesidades domésticas en una vivienda promedio. En todas partes del mundo desde que se utilizó el viento para generar electricidad, se han desarrollado aerogeneradores pequeños para abastecer viviendas, oficinas. El aerogenerador más pequeño es el Windbelt desarrollado por Shawn Frayne estudiante del MIT.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Guzmán Castañón Luis Arturo, Llamas Terrés Armando, Saucedo Pérez Carlos Alejandro. (2009). *Talleres de fabricación de aerogeneradores. Construido con sus propias manos*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

[[http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/43052008\\_TALLERES\\_FABRICACION\\_AEROGENERADORES.pdf](http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/43052008_TALLERES_FABRICACION_AEROGENERADORES.pdf)]

<sup>56</sup> Véase el anexo: Pequeños aerogeneradores y productos análogos para el automóvil.

### 3 Descripción del MiniTurbi

En la figura 19, se explica detenidamente, el funcionamiento del MiniTurbi, así como las piezas que lo conforman. Más adelante se expondrá cuál es la función de cada uno de sus componentes.

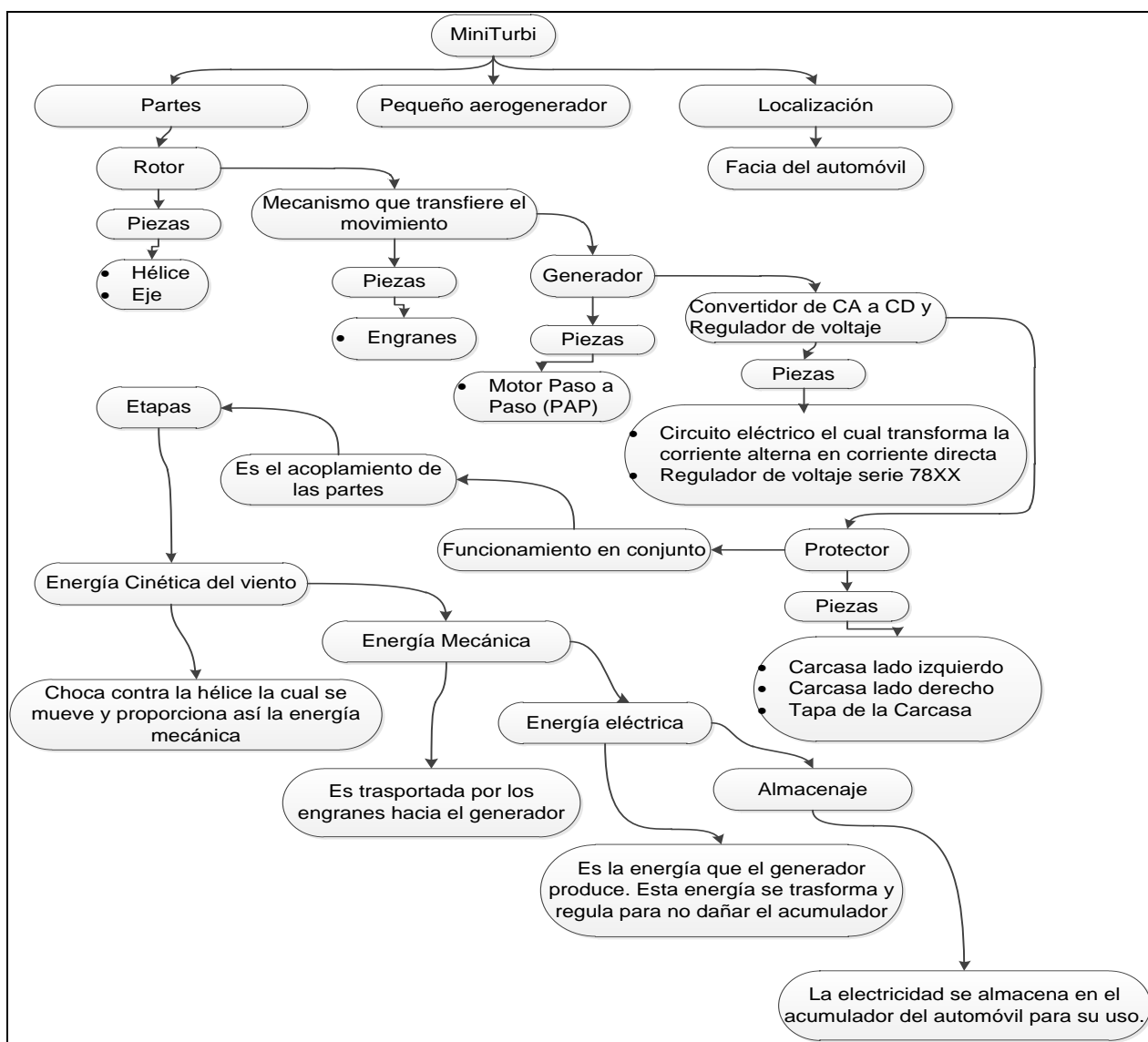
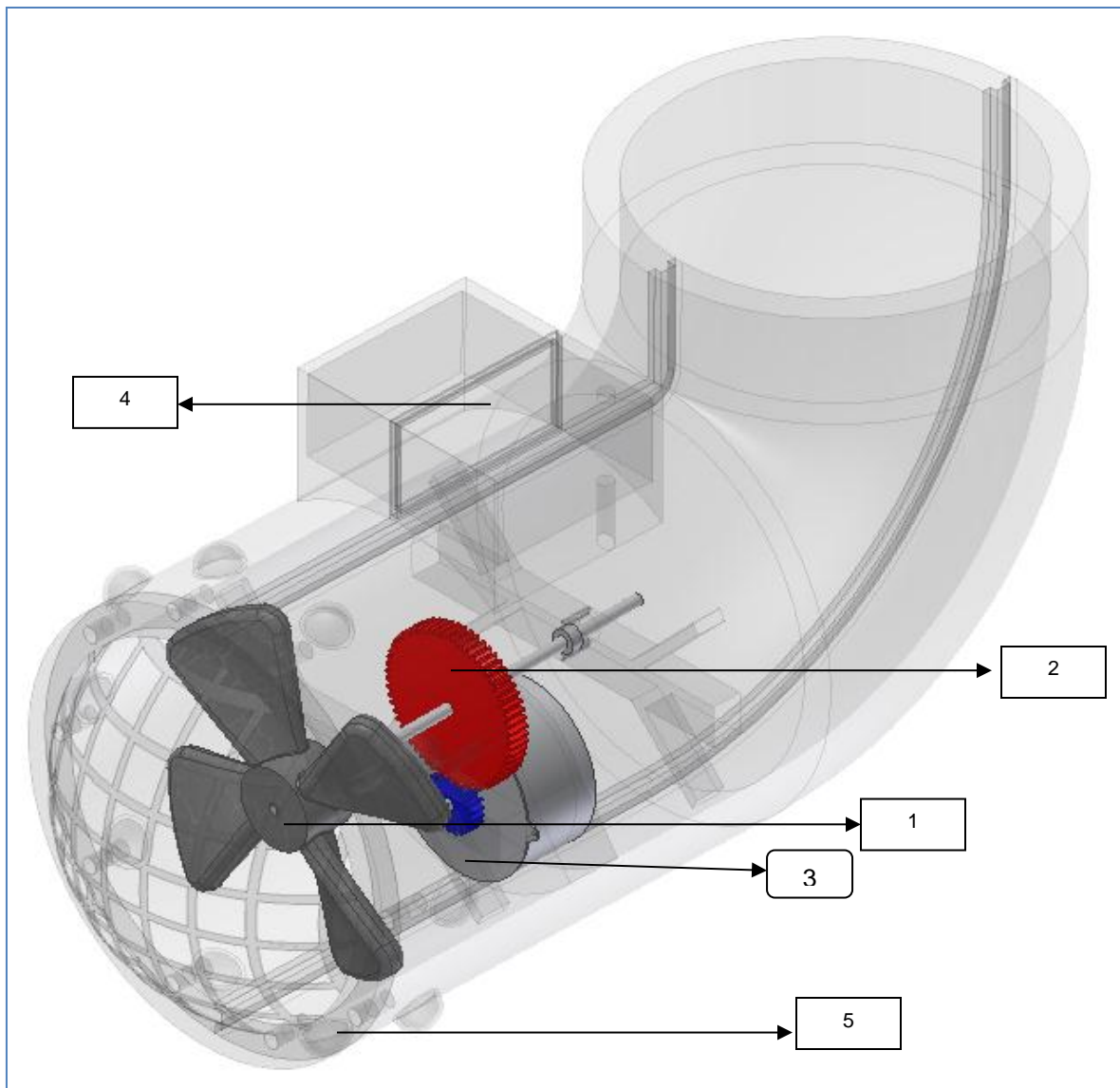


Figura 19. MiniTurbi <sup>57</sup>

<sup>57</sup> Aguirre Contreras, Javier. (2010). *MiniTurbi*. Tesis de Especialidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México DF. 60 pp.

<sup>x</sup> Partes del MiniTurbi. Aguirre Contreras Javier (2012)



**Figura 20.** Partes del MiniTurbi <sup>x</sup>

Número	Nombre
1	Rotor
2	Mecanismos que trasfieren el movimiento
3	Generador
4	Convertidor de CA a CD y Regulador de voltaje
5	Protector

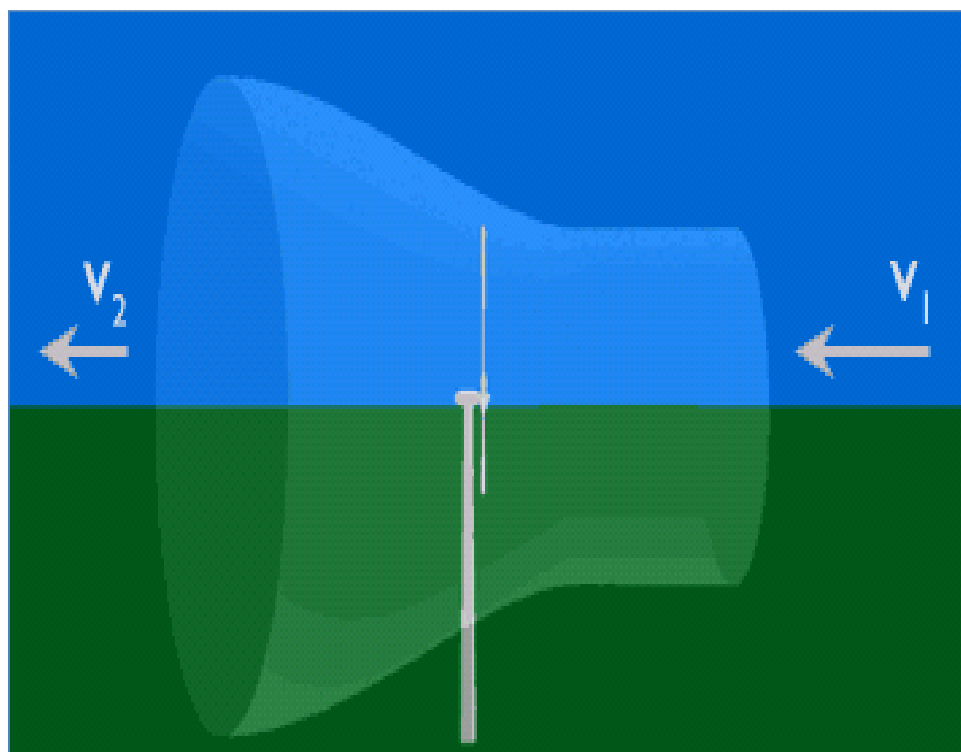
**Tabla 7.** Partes que conforman al MiniTurbi

Fuente: Aguirre, J. (2012).



### 3.1 El rotor

La parte principal del MiniTurbi es el rotor, las piezas de éste son la hélice y el eje. La función del rotor es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. La hélice es construida aerodinámicamente con cierto ángulo de inclinación para que pueda captar el viento de una manera eficiente. Los aerogeneradores desvían el viento incluso, antes de llegar al rotor de la máquina, por lo que la energía cinética del viento nunca será capturada en su totalidad.



**Figura 21.** Tubo de Corriente <sup>XI</sup>

En el tubo de corriente (**Figura 21**) se observa cómo el viento se mueve lentamente hacia la izquierda ( $V_1$ ) y ocupa un gran volumen en la parte posterior del rotor ( $V_2$ ).<sup>58</sup>

<sup>58</sup> Burgos Pérez, Ana. *Energía eólica*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011.

[[http://www.bestresult-ieee.com/Lists/public\\_deliverables/Attachments/21/D05\\_10\\_course01\\_participants\\_material\\_3.pdf](http://www.bestresult-ieee.com/Lists/public_deliverables/Attachments/21/D05_10_course01_participants_material_3.pdf)]

<sup>XI</sup> Tubo de Corriente [<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/41/tema11/turbtubx.gif>]

El rotor del aerogenerador frena al viento cuando captura la energía cinética y la convierte en energía potencial. El viento se mueve más lentamente en la parte izquierda del rotor que en la parte derecha. Esto debido a que la cantidad de aire por segundo, que pasa a través del área barrida por el rotor desde la derecha, debe ser igual a la que abandona el área del rotor por la izquierda, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano rotor. El viento no será frenado hasta que la velocidad final, detrás del plano del rotor, sea menor. La ralentización se producirá gradualmente en la parte posterior del rotor hasta que la velocidad llegue a ser prácticamente constante.

En la hélice radica la potencia del aerogenerador, porque de ella se conoce la cantidad de energía que es capaz de producir y ésta se relaciona con la potencia. “La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo” (Giancoli, (2006), p.141).

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

Ecuación 1

Ejemplo, si un generador está produciendo 100 kW y opera durante tres horas; produce al final 300 kW/H. La potencia se mide en kilovatios (kW=1000 Vatios) y kilovatio/hora es la unidad de medida de la energía. Cualquier masa en movimiento posee energía cinética. El viento se considera como aire en movimiento. La energía cinética ( $E_c$ ) se define como:

$$E_c = 1/2 (\text{masa}) * (\text{velocidad})^2$$

Ecuación 2

La cantidad de energía que el viento transfiere al rotor, depende de la densidad del aire “d”, del área de barrido del rotor “A” y de la velocidad del viento “v”. Si el volumen de aire que se mueve es “V” y tiene una densidad “d” su masa será;  $m = V \cdot d$ , por lo que su energía cinética será calculada utilizando la siguiente fórmula:<sup>59</sup>

$$E_c = \frac{1}{2} d V v^2$$

Dónde:

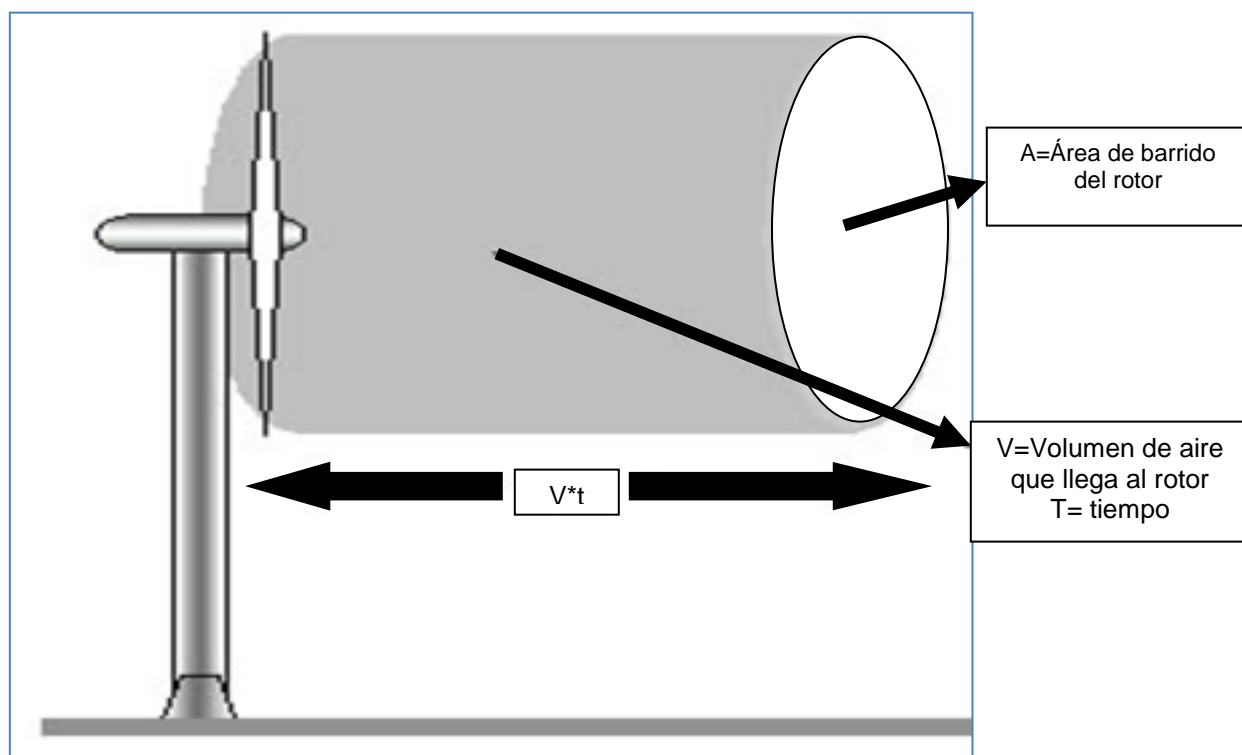
$E_c$ =Energía cinética

$d$ =densidad del aire<sup>60</sup>

$V$ =Volumen del aire

$v$ = velocidad del viento

La cantidad de aire que llegará al rotor de un aerogenerador en un tiempo “t” dependerá de: el área de barrido del rotor “A”<sup>61</sup> y de la velocidad del viento<sup>62</sup> (Figura 22).



**Figura 22.** Área de barrido del rotor, volumen de aire<sup>xii</sup>

<sup>59</sup> Burgos Pérez. *Op. cit.*

<sup>60</sup> Giancoli C., Douglas. *Op. cit.* (256). La densidad promedio del aire al nivel del mar es 1.29 Kg/m<sup>3</sup>.

<sup>61</sup> Burgos Pérez. *Ibidem.* (9). El área usada es  $A = \pi r^2$  (área del círculo); r es el largo de las aspas.

<sup>62</sup> *Ídem.*

<sup>xii</sup> Área de barrido del rotor, Volumen de aire [<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/vientoaerogenerador1.jpg>]

El volumen del aire que llega al rotor es:

$$V = Avt$$

Ecuación 3

La energía cinética que soporta el rotor en un tiempo "t" es:

$$Ec = 1/2 dAvtv^2 = 1/2 dAtv^3$$

La potencia aportada al rotor es:

$$Ep = 1/2 dAv^3$$

Ecuación 4

Si se sustituyen las variables de la ecuación anterior por los datos del MiniTurbi la energía potencial es:

$$Ep = 1/2 dAv^3$$

$$Ep = 1/2 (1.29 \text{ kg/m}^3) (0.023 \text{ m}^2) (55.55 \text{ m/s})^3$$

$$Ep \approx 2,542.961237 \text{ watts o } 2,542.961237 \text{ kgm}^2/\text{s}^3$$

Dónde:

$$d = 1.29 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \pi * (0.086 \text{ m})^2 \approx 0.023 \text{ m}^2$$

$$v = 55.55 \text{ m/s}$$

La potencia del viento es proporcional al cubo de su velocidad. Cuando la velocidad se incrementa al doble, la potencia aumenta ocho veces ( $2^3=8$ ), las variaciones del viento pueden producir diferencias en la potencia. La energía capturada por un aerogenerador está determinada por el factor denominado coeficiente de potencia ( $C_p$ ), el cual tiene un valor máximo teórico de 59.26 %, este porcentaje proviene al aplicarse la "ley de Betz".<sup>63</sup>

<sup>63</sup> *Ídem*. Usando un aerogenerador, menos del 16/27 (59.26 %) de la energía cinética puede convertirse en energía mecánica.

### 3.2 Mecanismo que transfiere el movimiento

El mecanismo que se encarga de transferir la potencia del eje de la hélice al generador, utiliza los engranes para dar mayor velocidad y menor fuerza al generador y de esa forma, lograr una mejor eficiencia.

Los engranajes son ruedas dentadas que encajan entre sí, de modo que las ruedas comunican el movimiento circular a las siguientes. Son una parte importante del MiniTurbi pues transmiten el movimiento giratorio entre el eje de la hélice y el del generador. Los engranes rectos en los ejes giran en sentidos opuestos. Si se desea que ambos ejes giren en el mismo sentido, se introduce una rueda dentada denominada “rueda loca” entre la rueda y el piñón. El tamaño de los dientes de todos los engranajes debe ser igual.

La velocidad de los engranes se pueden calcular a partir de su tamaño, se utiliza la siguiente relación entre engranes y número de dientes:

$$N_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

Ecuación 5

Dónde:

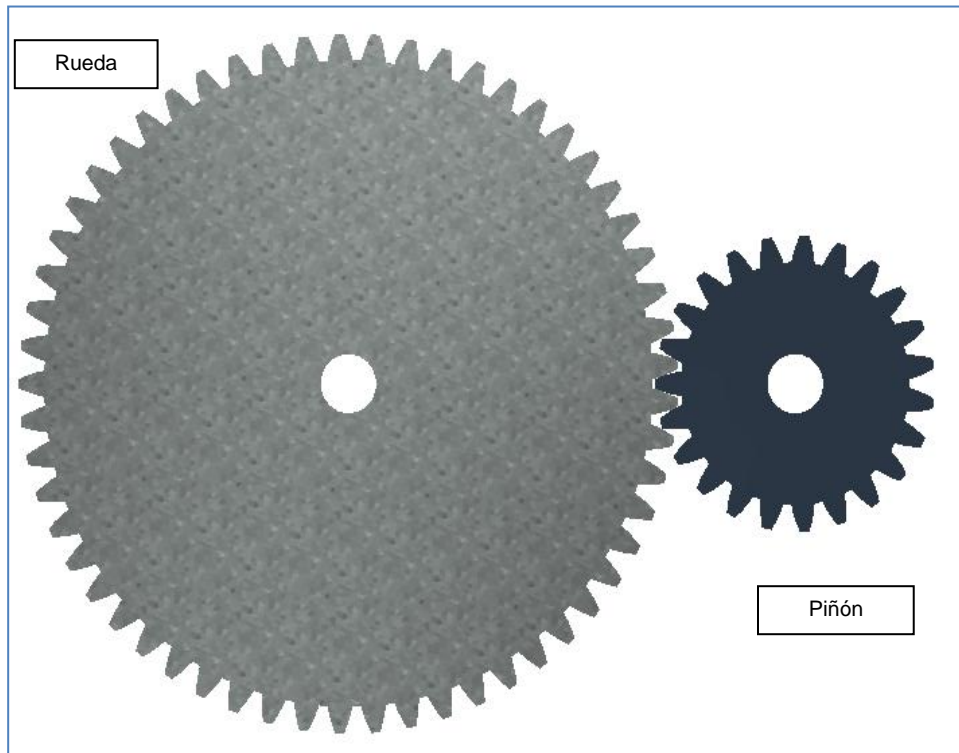
$N_1$ =velocidad del engranaje de entrada

$n_2$ =velocidad del engranaje de salida

$Z_1$ =número de dientes del engranaje de entrada

$z_2$ =número de dientes del engranaje de salida

El engrane mayor es conocido como rueda y el menor piñón (Figura 23)<sup>64</sup>.

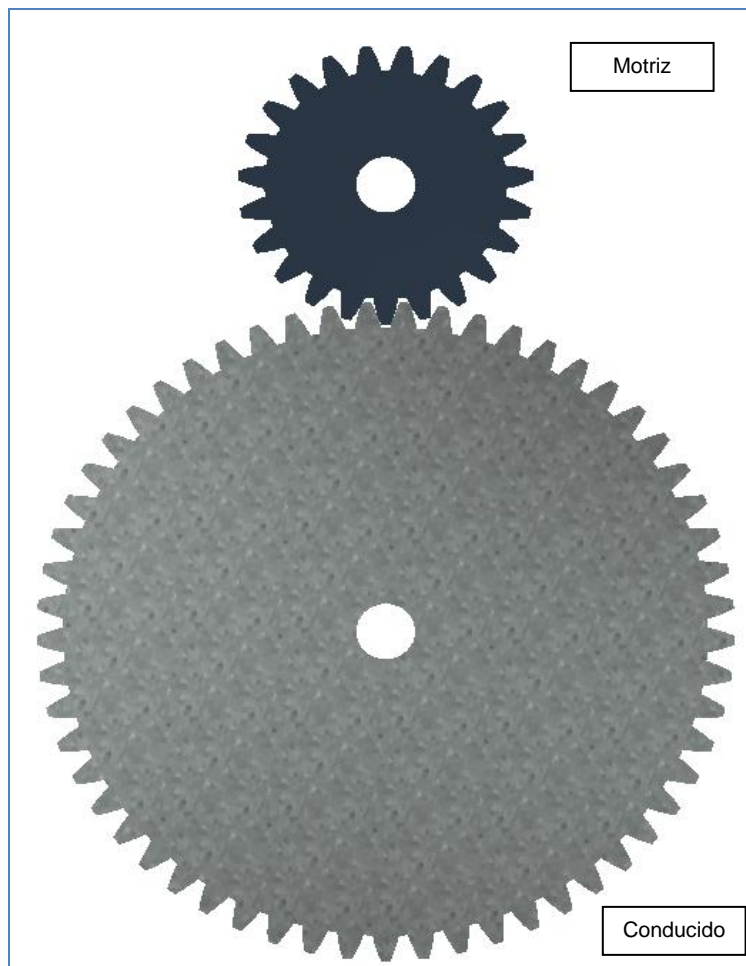


**Figura 23.** Engranes<sup>XIII</sup>

<sup>64</sup> XIII Aguirre Contreras Javier. (2012).

Hay dos tipos de sistemas de transmisión por engranes:

1. Reductor: el piñón es el engrane motriz y la rueda es el conducido. En este caso, la velocidad de salida (rueda) es menor que la velocidad de entrada (piñón) (Figura 23.1)<sup>65</sup>.

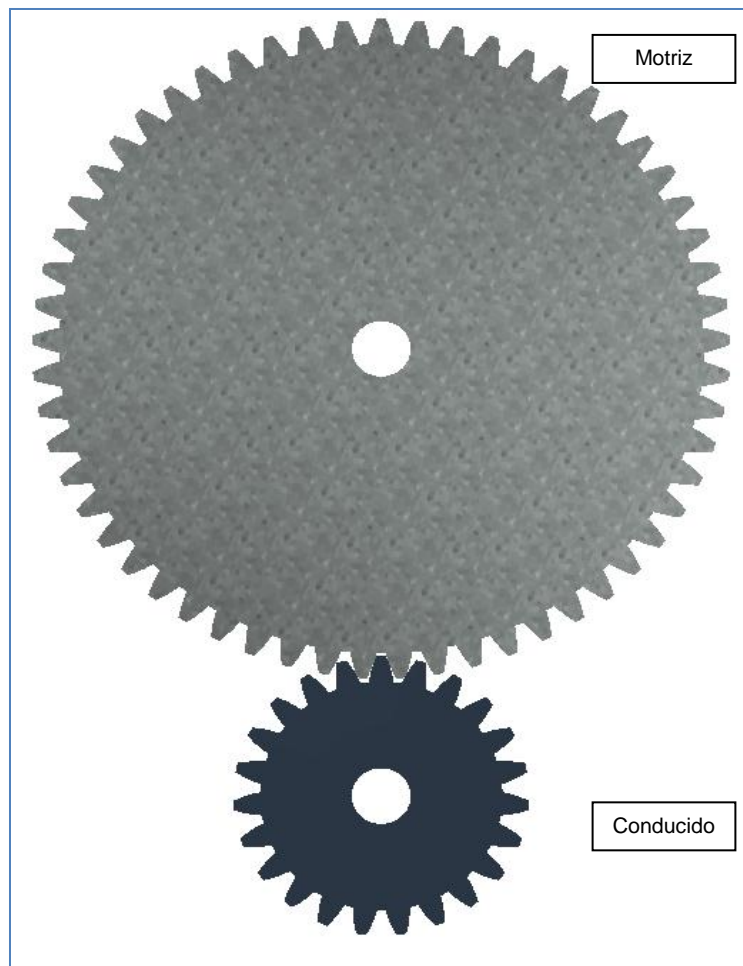


**Figura 23.1.** Reductor<sup>xiv</sup>

---

<sup>65</sup> <sup>xiv</sup> Reductor. Op. cit.

2. Multiplicador: el piñón es el engrane conducido y la rueda es el motriz. En este caso, la velocidad de salida (piñón) es mayor que la velocidad de entrada (rueda) (Figura 23.2)<sup>66</sup>.<sup>67</sup>



**Figura 23.2** Multiplicador<sup>xv</sup>

Los engranes son los más adecuados para usarlos en el MiniTurbi debido a las vibraciones a las que será sometido en el carro, además de entregar mayor velocidad al generador. Existen diferentes modelos de engranes, la clasificación de estos depende de los ejes de rotación y del tipo de dentado. Hay de eje paralelo que son los cilíndricos de diente helicoidal y los helicoidales dobles que se utilizan para transmitir mayor fuerza entre los ejes así como también están los de eje

<sup>66</sup> xv Multiplicador. *Ibíd.*

<sup>67</sup> *Mecanismos*. Recuperado el 8 de octubre de 2010.

[[http://iespseza.educa.aragon.es/tecnologia/marisa\\_moreno/mecanica/mecanismos-transmision.pdf](http://iespseza.educa.aragon.es/tecnologia/marisa_moreno/mecanica/mecanismos-transmision.pdf)]

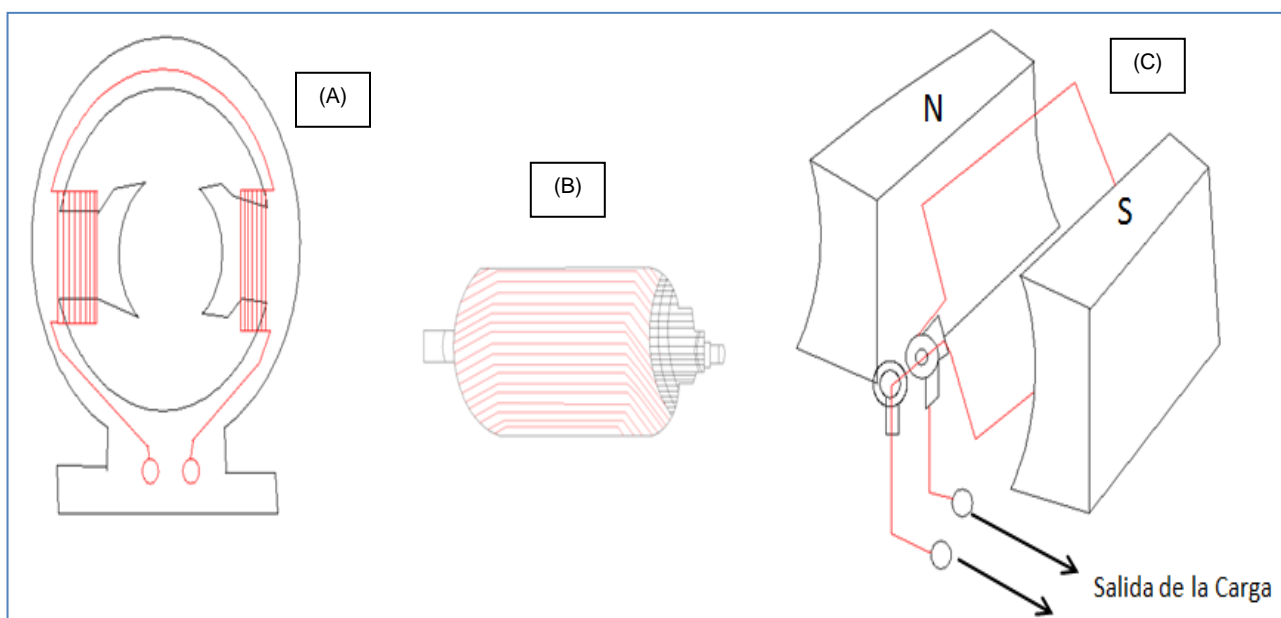


perpendicular, por ejemplo, los helicoidales cruzados, los cónicos de dientes rectos, los cónicos de diente helicoidal, los cónicos hipoides, y los de rueda y tornillo sin fin, utilizados principalmente, para reducir la velocidad en un eje de  $90^\circ$  o para transmitir grandes esfuerzos disminuyendo la velocidad y aumentando la potencia de transmisión. Con esta información, se pretende dar una idea básica sobre el funcionamiento de los engranes, como mecanismos que transmiten el movimiento. La finalidad es determinar el mejor mecanismo que trasfiere el movimiento del eje de la hélice al generador del producto MiniTurbi, por lo que se decidió utilizar el sistema multiplicador, para que así el artefacto necesite menos velocidad del viento para su funcionamiento.

### 3.3 Generador

El generador eléctrico es una máquina que transforma la energía mecánica, en energía eléctrica.

Los generadores tienen un elemento móvil, el inducido o rotor formado por varias bobinas.<sup>68</sup> Éste se hace girar dentro de un campo magnético, el cual se crea mediante el estator. El estator puede consistir en un imán permanente, aunque casi siempre se utiliza un electroimán. El electroimán se excita por una corriente independiente o por autoexcitación, es decir, la propia corriente producida por el dínamo, este sirve para crear el campo magnético en las bobinas del inductor (Figuras 24 y 25).



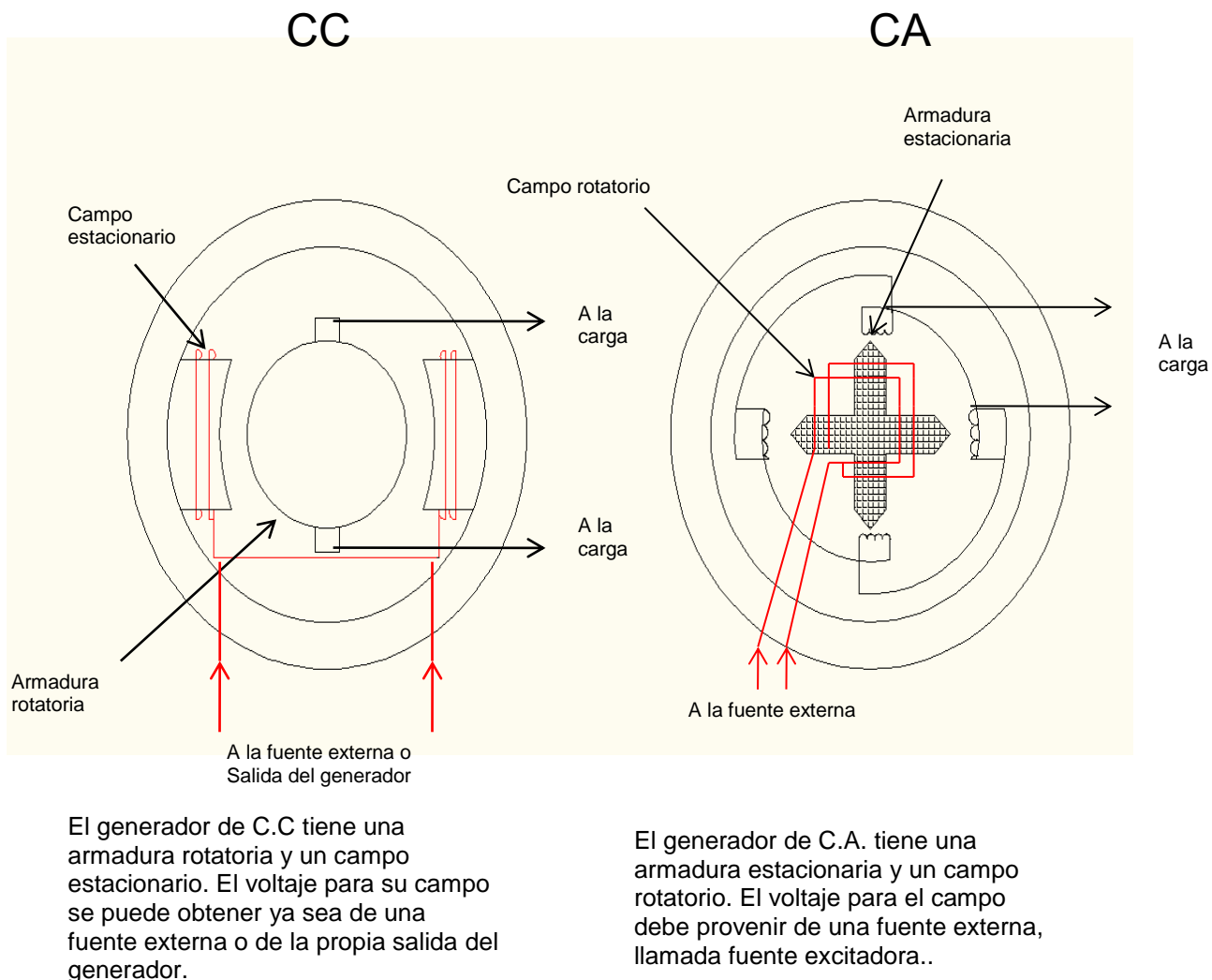
**Figura 24.** Piezas y funcionamiento de un dínamo: (A) Estator, (B) Rotor, (C) Principio de un dínamo<sup>XVI</sup>

<sup>68</sup> Bobina: Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se enrolla en forma de hélice con una distancia igual al diámetro del alambre.

[[http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=bobina](http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=bobina)]

<sup>XVI</sup> Piezas y funcionamiento de un dínamo. Aguirre Contreras Javier (2012)

<sup>XVII</sup> Generador de corriente continua (CC) y Generador de corriente alterna (CA). *Op. cit.*



**Figura 25.** Generador de Corriente Continua (CC) y Generador de Corriente Alterna (CA) <sup>xvii</sup>

### 3.3.1 Generador de Corriente Continua (cc)

El generador de corriente continua, se conoce también, como dínamo. Su funcionamiento se basa en el principio de una bobina giratoria dentro de un campo magnético. Si la armadura gira entre dos polos magnéticos fijos, la corriente generada circula en un sentido durante la mitad de cada revolución, y en sentido contrario durante la otra mitad. Para producir una corriente continua o flujo constante, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador, una vez durante cada revolución.

Los generadores de corriente continua funcionan con voltajes sumamente bajos para evitar la formación de chispas.

### **3.3.2 Generador de Corriente Alterna (CA)**

Un generador de corriente alterna produce una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura, se diferencia de un generador de corriente continua en sólo dos aspectos:

- a) Los extremos de la bobina de su armadura, están colocados junto a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador, en lugar de los conmutadores
- b) Las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna, es igual a la mitad del producto del número de polos y del número de revoluciones por segundo de la armadura.

Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica. La mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo.

El principio del funcionamiento de los alternadores es el mismo que el del generador de corriente alterna, excepto que el campo magnético está en movimiento.

La corriente que se genera en los alternadores es de tres tipos:

- 1. Corriente Alterna Monofásica: la corriente aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo.
- 2. Corriente Alterna Bifásica: si la armadura la componen dos bobinas, montadas a  $90^\circ$  una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra esté en cero.

3. Corriente Alterna Trifásica: al incrementar el número de bobinas en la armadura se obtendrá mayor número de fases. Éste es el tipo de corriente comúnmente empleada en la práctica.

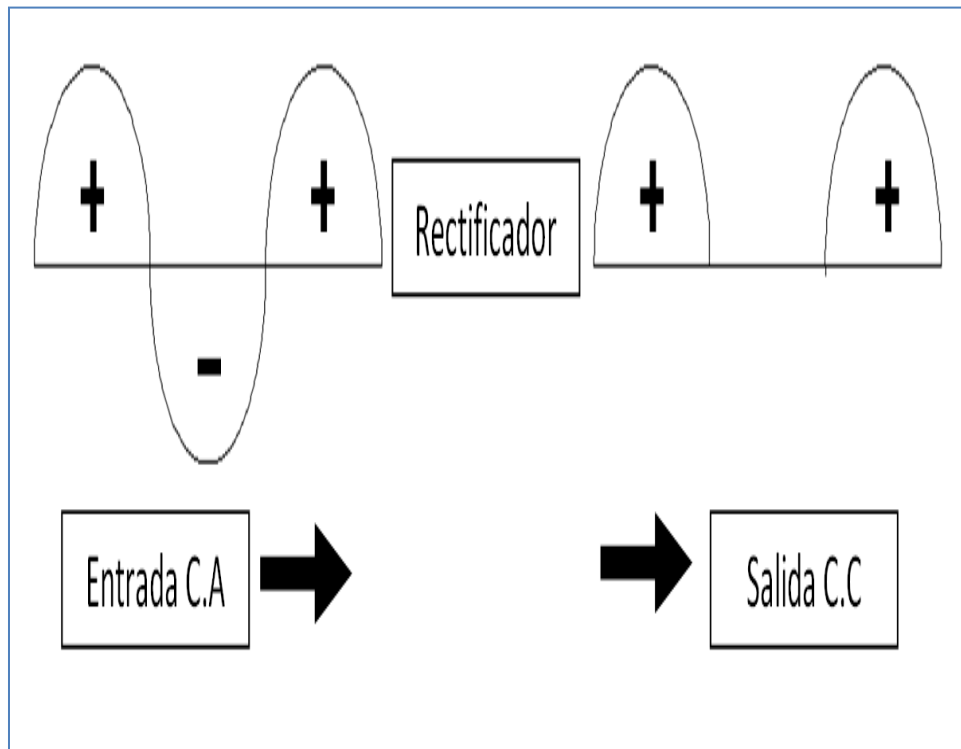
### **3.4 Convertidor de CA en CC y regulador de voltaje**

Para recargar una batería, es necesario contar con un circuito encargado de proporcionar un voltaje adecuado y constante. Lo anterior se puede lograr, con un convertidor de corriente y un regulador de voltaje.

El convertidor o rectificador es un circuito que se usa para cambiar la corriente alterna (CA), producida por el generador, en corriente continua (CC), con el fin de poder almacenar la electricidad en la batería. Los rectificadores reducen la variación del voltaje de salida, con respecto al voltaje promedio de corriente continua.

Existen diferentes tipos de rectificadores. Los más usados son los siguientes:

1. Rectificador de media onda: rectifica sólo una de las dos semiondas de una corriente alterna (la positiva o la negativa), ya sea senoidal o de otro tipo, para que circule siempre en un mismo sentido, como si de una corriente continua se tratase. La otra semionda se pierde (**Figura 26**).<sup>69</sup>



**Figura 26.** Rectificador de media onda<sup>xviii</sup>

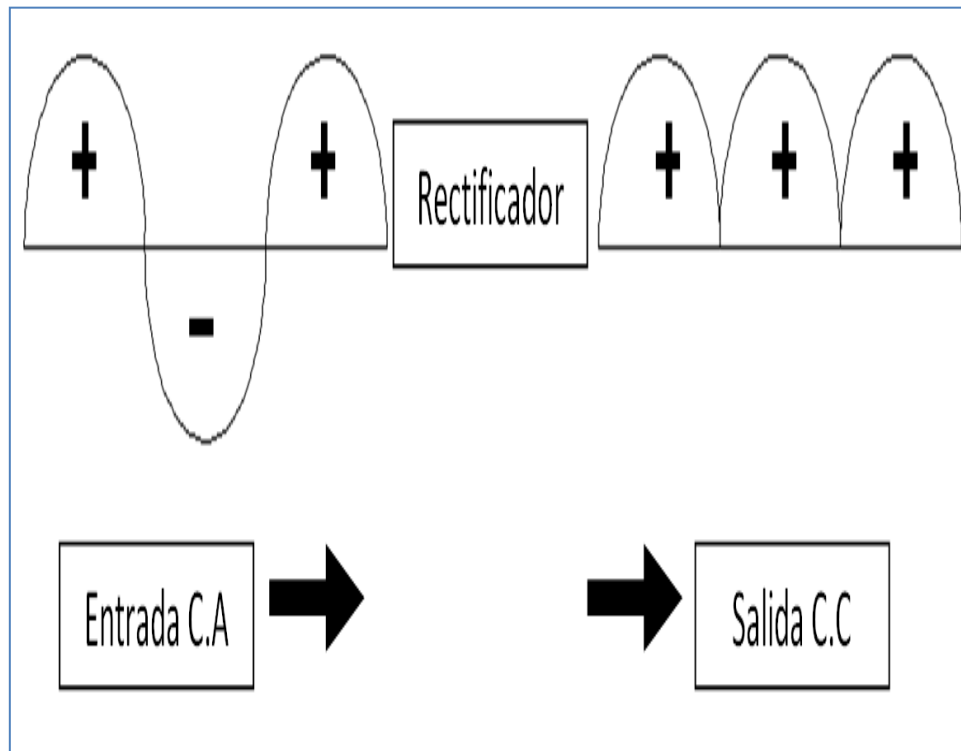
<sup>69</sup> Miyara, Federico. (2002). *Rectificación*. Recuperado el 06 de octubre de 2010.

[<http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/rectif.pdf>]

<sup>xviii</sup> Rectificación de media onda

[[http://energytel.info/portal\\_telecom/images/stories/rectificadores\\_corrientes/03.jpg](http://energytel.info/portal_telecom/images/stories/rectificadores_corrientes/03.jpg)]

2. Rectificador de onda completa: consiste en rectificar las dos semiondas de una corriente alterna, para que circulen siempre en el mismo sentido. Su rendimiento es mayor comparado con el de media onda (Figura 27).<sup>70</sup>



**Figura 27.** Rectificador de onda completa<sup>XIX</sup>

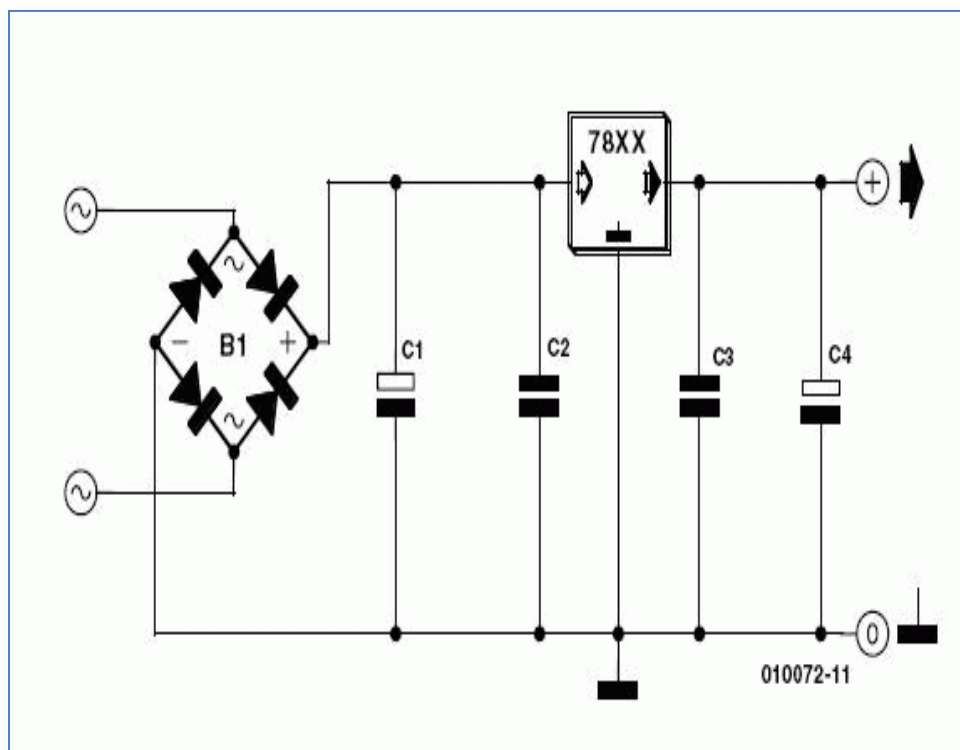
El regulador de voltaje, también llamado de tensión, es un dispositivo electrónico diseñado para proteger aparatos eléctricos y electrónicos sensibles a variaciones en el diferencial de potencial, voltaje o ruido. Su función es la de estabilizar el voltaje adecuado en la salida del circuito.

<sup>70</sup> Miyara, Federico. *Op. cit.*

<sup>XIX</sup> Rectificación de onda completa

[[http://energytel.info/portal\\_telecom/images/stories/rectificadores\\_corrientes/03.jpg](http://energytel.info/portal_telecom/images/stories/rectificadores_corrientes/03.jpg)]

El regulador de voltaje de la serie 78XX (Figura 28) es ideal para el MiniTurbi, y el más adecuado para la recarga del acumulador. Los reguladores 78XX son de componentes básicos muy prácticos y necesitan poca superficie sobre la placa.



**Figura 28.** Circuito rectificador y regulador de voltaje (78XX) <sup>xx</sup>

### 3.5 Acumulador del automóvil eléctrico

El acumulador es un dispositivo que almacena energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos, en este procedimiento los compuestos no se consumen ni se pierden, únicamente cambian de estado de oxidación. En 1800, Alessandro Volta desarrolló la pila, por lo que la idea de almacenar electricidad comenzó a tomar forma, propiciando que otro científico de nombre Gastón Planté inventara el primer modelo de acumulador.<sup>71</sup>

<sup>xx</sup> Circuito rectificador y regulador de voltaje (78XX) [<http://imageshack.us/photo/my-images/525/regulador03gd7.gif/>]

<sup>71</sup> Giancoli, *Física... Op. cit.*



El acumulador del automóvil eléctrico conocido también como batería de tracción, es la fuente de energía eléctrica usada frecuentemente para el arranque del automóvil. Este presenta un número de elementos eléctricos, que conectados convierten la energía química en energía eléctrica, pero los elementos primarios no se pueden recargar como la pila de transistor. Las linternas transforman la energía química en energía eléctrica, hasta que las materias activas están exhaustas y sólo si los elementos secundarios son capaces de recargarse como baterías, el proceso es reversible. Los elementos tienen componentes esenciales, entre estos, los electrodos<sup>72</sup> que pueden ser negativos o positivos.

Los tipos de placas usados por las baterías son:

1. La Planté: consiste en una hoja de plomo, en la cual la materia activa está formada electroquímicamente con el mismo plomo de la plancha.
2. La Fauré: conocida también como tipo empastado, en dónde por ejemplo, la placa plana empastada consiste en una rejilla fundida en cuyos nervios se empasta la materia activa. Esta pasta es una mezcla de óxido de plomo y ácido sulfúrico diluido, el cual reacciona con los óxidos pulverizados, y se enreda fuertemente en la estructura de las rejillas de las placas. Las rejillas actúan como conductores de la corriente eléctrica.

En la batería ocurren dos procesos, la descarga sucede cuando el elemento libera energía y la carga cuando la celda absorbe energía, en este caso, el voltaje de descarga es menor al voltaje del circuito abierto. Mientras la batería se descarga, la resistencia aumenta y el voltaje se reduce. El voltaje de carga debe ser mayor que el del circuito abierto. La caída de la tensión es debido a la resistencia interna.

La capacidad disponible en un elemento, varía con la corriente a la cual se está descargando. Cuanta más alta sea la descarga, menor es la capacidad disponible, si la caída de voltaje es más rápida entonces, el voltaje final de carga llega más rápidamente.

---

<sup>72</sup>Giancoli, *Ibidem*. (494). Los electrodos son placas o barras sumergidas en una solución, como ácido diluido llamado, electrolito.

### 3.6 Protector

Las piezas que conforman al protector son la carcasa del lado derecho, la del lado izquierdo y la tapa. Es un elemento que sirve de soporte y contenedor al resto de las piezas que conforman al MiniTurbi. Se utilizan materiales que permiten la mayor rigidez posible, así, el protector ayudará a absorber las vibraciones y torsiones que puedan darse en el automóvil (Figura 29)<sup>73</sup>.

El diseño de la carcasa permite concentrar el flujo del aire hacia la hélice, incrementando el rendimiento. También, se utiliza para desviar el aire que circula dentro del MiniTurbi y lo dirige nuevamente al motor del automóvil.

La tapa evita ráfagas de vientos fuertes que pudieran dañar la hélice, se coloca una malla de termoplástico de alto impacto para evitar la entrada de piedras o insectos que deterioren el sistema.



**Figura 29.** Protector<sup>XXI</sup>

---

<sup>73</sup> XXI Protector. Aguirre Contreras Javier. (2012)

# **Capítulo IV**

## **Análisis Funcional del**

## **MiniTurbi**

## **4 Análisis del recurso eólico y técnico de la hélice**

El estudio del recurso eólico sobre el prototipo se realizó en un ambiente controlado, el cual fue en un túnel de viento localizado en la UAM Azcapotzalco<sup>74</sup>, además de someter al MiniTurbi a pruebas en un entorno real colocando este en la camioneta y realizando un análisis simulado mediante un programa denominado ANSYS (fluent).<sup>75</sup> Los tres tipos de pruebas se realizaron con el fin de observar al MiniTurbi en diferentes ambientes obteniendo resultados similares y en los cuales se estudió el comportamiento del artefacto, a diferentes velocidades del viento. Soportando velocidades del automóvil superiores a 200 km/h para percibir la viabilidad del producto, mejorando su diseño y funcionamiento. Todo lo anterior se llevó a cabo para dar mayor sustento tecnológico y comercial al producto.

### **4.1 Análisis de recurso eólico**

La tecnología eólica se encuentra en constante evolución, ha mejorado notoriamente su diseño y funcionalidad en los últimos años, de tal forma, que está asegurado el éxito de este tipo de energía renovable con respecto a otras fuentes de energía limpia o convencional.

En este proyecto, el MiniTurbi colocado en la fascia del automóvil, exactamente en el lugar donde se encuentran los huecos para los faros de niebla, capta la energía eólica para generar energía eléctrica. A los autos que no tengan el tamaño o el orificio para el faro de niebla, se les podrían hacer modificaciones especiales tanto a la fascia, como al MiniTurbi para instalarlos en estos vehículos.

---

<sup>74</sup> Véase anexos: Pruebas del MiniTurbi en el túnel de viento

<sup>75</sup> Véase anexo: Estudio del MiniTurbi en el programa ANSYS

La idea que sustenta este proyecto, surgió al notar que el aire constantemente chocaba en la parte frontal del automóvil, convirtiéndose ésta, en un espacio con la mayor concentración del recurso eólico. Esta situación, aunado a las características particulares de la facia, tales como la forma del hueco, las dimensiones y la accesibilidad al lugar, creó, en esta parte, el sitio ideal para poner en práctica el uso del MiniTurbi.

#### **4.1.1 Generalidades del Sitio**

El producto llamado MiniTurbi está ubicado en la facia de una camioneta Escape 2011,<sup>76</sup> la zona está diseñada para colocar en ella los faros de niebla (**Figuras 30, 31, 32**).



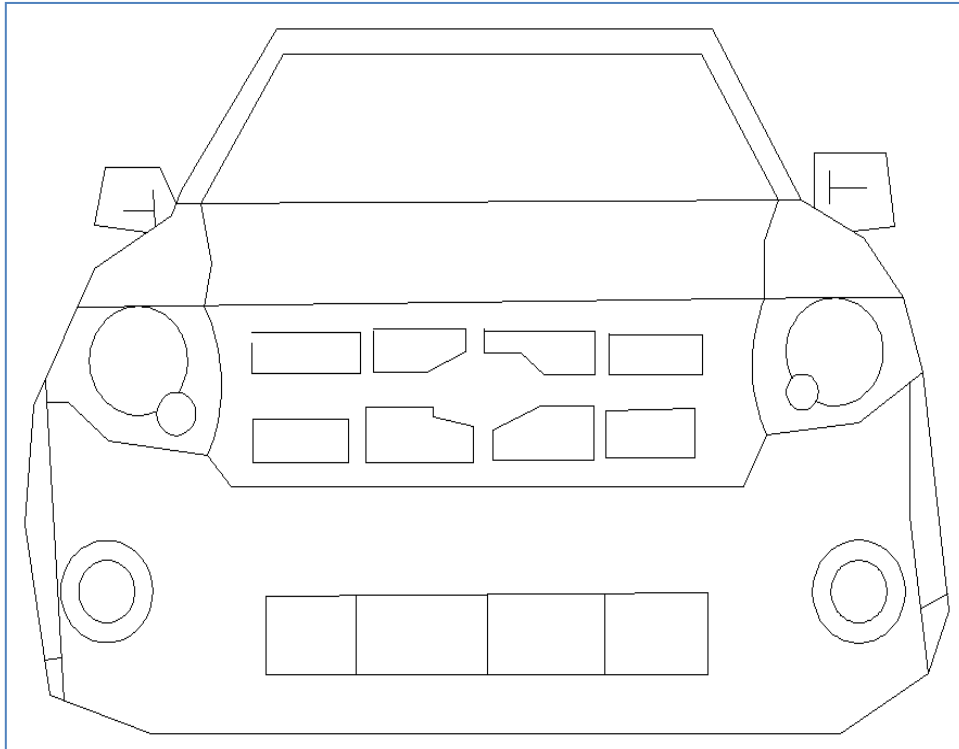
**Figura 30.** Camioneta Escape 2011 <sup>XXII</sup>

<sup>76</sup> Camioneta Escape 2011. Marca Ford, cuatro cilindros, cuatro puertas, velocidad máxima 220 km/h

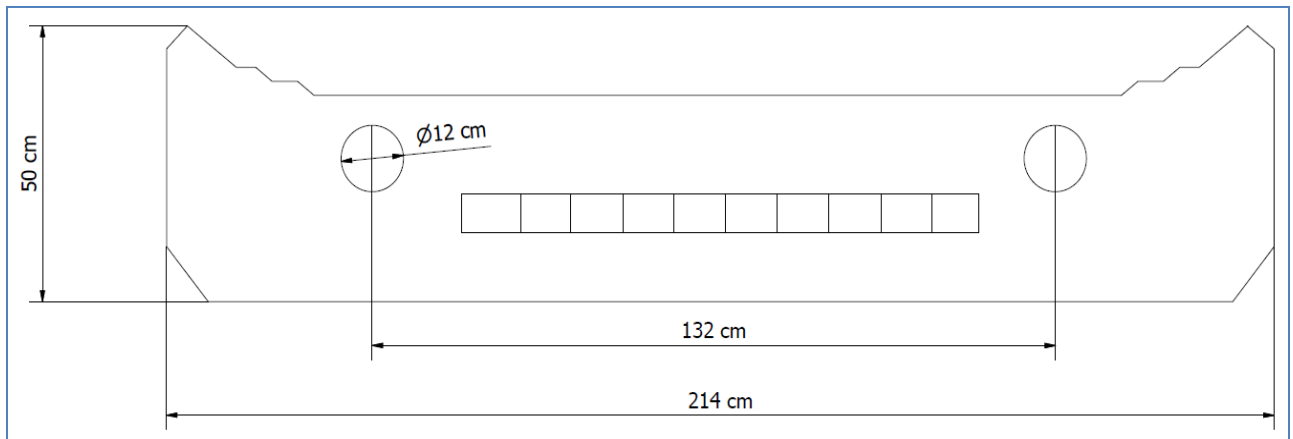
<sup>XXII</sup> Camioneta Escape 2011 [<http://img337.imageshack.us/img337/4919/fordescape2011frontside.jpg>]

<sup>XXIII</sup> Vista frontal de la Camioneta. Aguirre Contreras Javier. (2012)

<sup>XXIV</sup> Figura 32. Facia de la camioneta (escala 1:8). *Op. cit.*



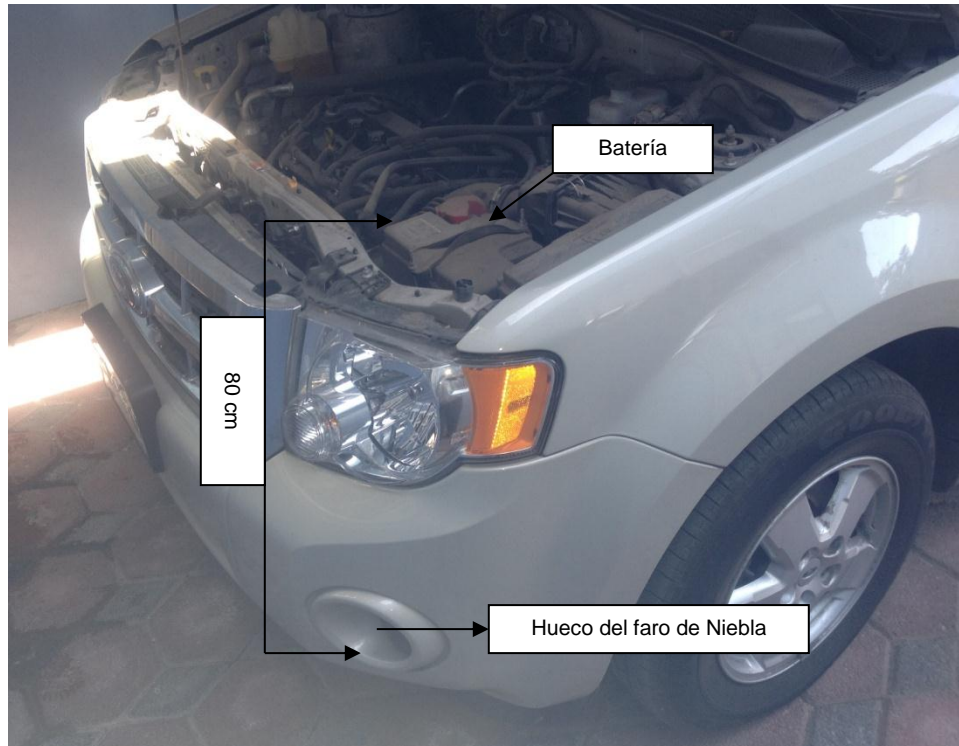
**Figura 31.** Vista frontal de la camioneta <sup>xxiii</sup>



**Figura 32.** Facia de la camioneta (escala 1:8) <sup>xxiv</sup>

A pesar de que muchas de las características que el sitio posee son favorables, existen algunas limitantes como la distancia entre el producto y la batería del automóvil, que es de 80 cm y varía según el modelo y el año del vehículo. La distancia y resistencia de los materiales que componen el cable de conexión entre la

batería y el MiniTurbi, no afecta significativamente el rendimiento del producto dado que en toda conexión eléctrica existe una pérdida de electricidad (Figura 33)<sup>77</sup>.



**Figura 33.** Distancia de 80 cm entre la batería y el hueco para colocar el MiniTurbi<sup>XXV</sup>

Para colocar el producto en la fascia del automóvil, son necesarias algunas modificaciones, como pequeños huecos en el interior de la cavidad para amortiguar el movimiento en el MiniTurbi y reducir las vibraciones producidas por el automóvil.

#### **4.1.2 Recurso eólico**

Para el diseño de un aerogenerador, es muy importante tomar en cuenta la velocidad del viento, puesto que ésta varía constantemente, por lo que se debe medir con un anemómetro (instrumento de medición electrónico que registra el número de revoluciones por minuto que provoca la velocidad del viento), con el fin de verificar si

<sup>77 XXV</sup> Distancia de 80 cm entre la batería y el hueco para colocar el MiniTurbi. *Op. cit.*

es suficiente para que el MiniTurbi genere energía eléctrica y recargue la batería del vehículo.

El anemómetro<sup>78</sup> mide la velocidad del aire en m/s o en km/h, normalmente está provisto de una veleta para detectar su dirección. En esta investigación se utilizó específicamente para observar si la velocidad del viento era la misma que la del automóvil (**Figura 34**)<sup>79</sup>, para lo cual se colocó en el espejo lateral y en la facia (**Figura 35**) así como en la parte superior de la camioneta (**Figura 36**), para obtener una velocidad promedio del viento en estos lugares, con el propósito de determinar el lugar óptimo para colocar el MiniTurbi.

El experimento que se realizó fue que cada 16 km se detenía la camioneta, para observar los valores registrados por el instrumento a una velocidad del automóvil de 40 km/h.

Los sitios que se eligieron para la medición del viento fueron los siguientes:

- a) La carretera federal Lechería-Texcoco, del kilometro 18 hasta el 42
- b) La autopista Peñón-Texcoco en los 16 km que la conforman

Estos lugares fueron los adecuados, pues en ellos se permite conducir el automóvil a 140 km/h. Los datos obtenidos se recolectaron en el periodo comprendido del dos de marzo al 11 de junio del 2011. Las pruebas con el anemómetro se realizaron con una camioneta Escape 2011 (**Tabla 8**).

---

<sup>78</sup> Véase el anexo: características del Anemómetro

<sup>79</sup> <sup>XXVI</sup> Anemómetro en el espejo lateral de la camioneta. Aguirre Contreras Javier. (2012)

<sup>XXVII</sup> Anemómetro en la facia de la camioneta. *Op. cit.*

<sup>XXVIII</sup> Anemómetro en la parte superior de la camioneta. *idem.*



Marzo	Abril	Mayo	Junio
2,3,4,5,8,9,11,12,13,14	19,20,21,22	17,18,19,20	1,2,3
16,19,21,22,26	2,9,16,23,30	7,14,21,23	4,5,10,11

	Fechas en las que se colocó el anemómetro en el espejo lateral del automóvil, para observar si su velocidad era la misma con la que chocaba el viento en el automóvil.
	Fechas en las que el anemómetro se colocó en la facia y en la parte superior del automóvil, para observar la velocidad promedio del viento que chocaba contra el mismo en esos lugares

**Tabla 8.** Fechas en las que se hicieron las mediciones de la velocidad del viento en el automóvil

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor en las fechas mencionadas.



**Figura 34.** Anemómetro en el espejo lateral de la camioneta<sup>xxvi</sup>



**Figura 35.** Anemómetro en la facia de la camioneta <sup>XXVII</sup>



**Figura 36.** Anemómetro en la parte superior de la camioneta <sup>XXVIII</sup>

#### 4.1.3 Información eólica recolectada

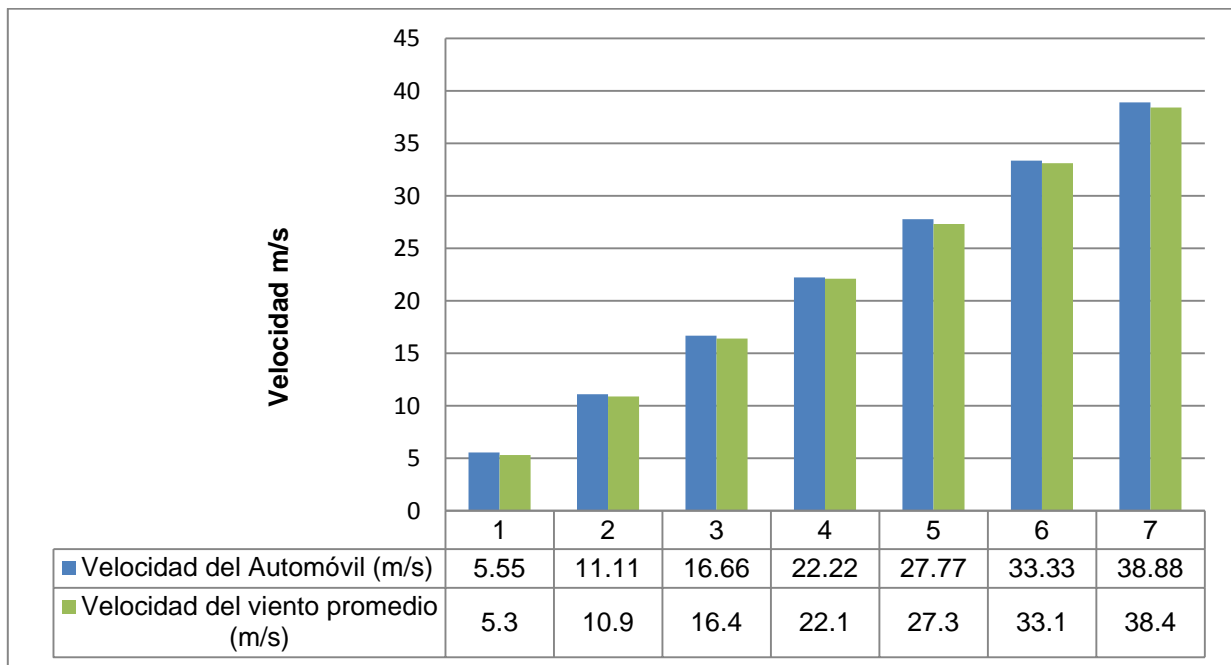
Como se muestra en la figura 34, el anemómetro estaba sujeto en el espejo lateral del carro con el propósito de controlar la velocidad del automóvil y observar los resultados obtenidos, así se pretendía probar si la velocidad del automóvil coincidía con la velocidad del viento que chocaba contra el automóvil. Como se puede observar en la tabla 9, la velocidad de ambos varía muy poco.

Velocidad del automóvil (m/seg) (km/h)	5.55 m/s (20 km/h)	11.11 m/s (40 km/h)	16.66 m/s (60 km/h)	22.22 m/s (80 km/h)	27.77 m/s (100 km/h)	33.33 m/s (120 km/h)	38.88 m/s (140 km/h)
Velocidad promedio del viento (m/s)	5.3 m/s	10.9 m/s	16.4 m/s	22.10 m/s	27.3 m/s	33.1 m/s	38.4m/s

**Tabla 9.** Información de la velocidad del viento en el automóvil, recolectada en los meses de marzo, abril, mayo y junio del año 2011

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor en las fechas mencionadas.

En la figura 37 se pueden observar los datos obtenidos con el anemómetro cuando éste se colocó en el espejo lateral, durante el periodo de marzo- junio de 2011.



**Figura 37.** Velocidad del automóvil vs la velocidad del viento

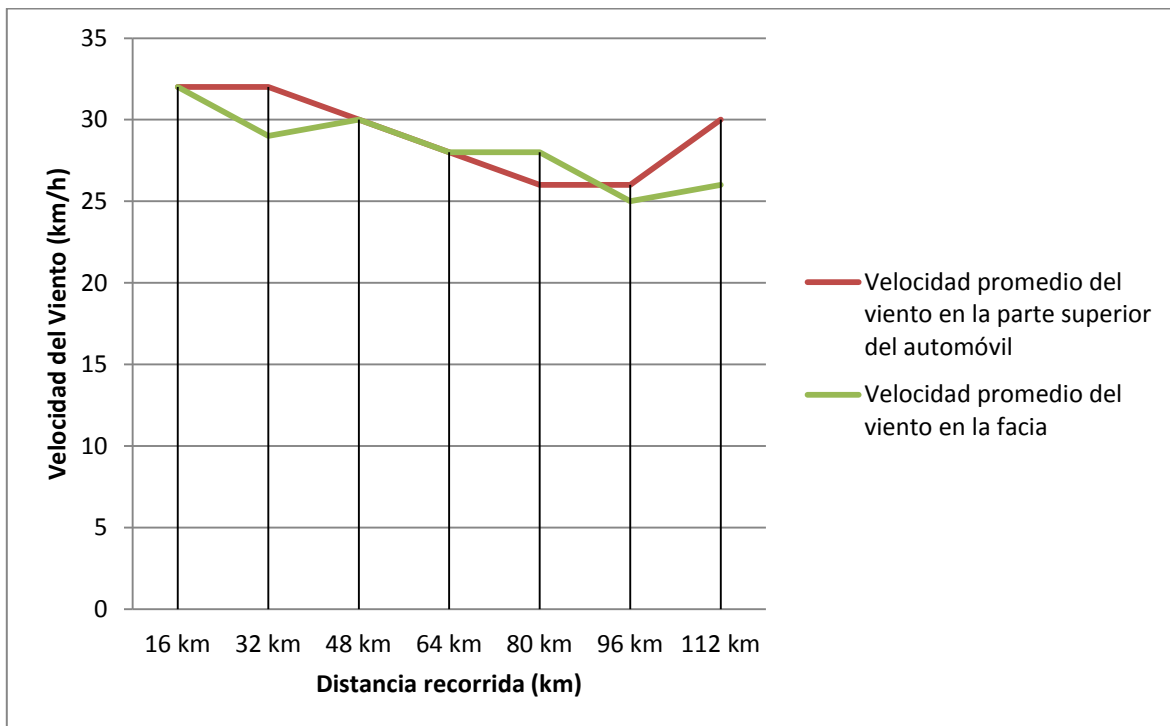
Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor en las fechas mencionadas.

Cada 16 km se detenía el automóvil para recoger los datos del anemómetro, manteniendo siempre una velocidad constante de 40 km/h en la autopista Peñón- Texcoco, y tomando en cuenta la velocidad y tamaño de los automóviles que iban adelante del vehículo con el anemómetro, observándose que estos desviaban el viento. Las fechas en las cuales se obtuvieron los resultados no influyeron en los datos, sólo se detallaron para constatar los días en los que se realizó el experimento. (Tabla 10 y figura 38).

Kilómetros recorridos	Velocidad del viento en la parte superior del automóvil	Velocidad promedio del viento en la facia	Fechas de los datos obtenidos			
			Marzo	Abril	Mayo	Junio
16 km	32 km/h	32 km/h	16 19 21 22 26	2 9 16 23 30	7 14 21 23	4 5 10 11
32 km	32 km/h	29 km/h				
48 km	30 km/h	30 km/h				
64 km	28 km/h	28 km/h				
80 km	26 km/h	28 km/h				
96 km	26 km/h	25 km/h				
112 km	30 km/h	26 km/h				

**Tabla 10.** Velocidad promedio del viento en la facia y en la parte superior del automóvil

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor en las fechas mencionadas.



**Figura 38.** Velocidad promedio del viento en la facia y en la parte superior del automóvil

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor en las fechas mencionadas.

Cuando se colocó el anemómetro en la parte superior del automóvil, el registro fue deficiente debido a que los vehículos grandes, como los de carga o los tráileres que circulan por esta autopista, no permitían que el flujo del aire fuera constante.

Se observó en el anemómetro colocado en la facia, que el factor de mayor incidencia para que el viento no fuera constante, lo determinaron los automóviles del mismo tamaño o más pequeños que la camioneta, si la distancia entre los vehículos era mayor de 20 m.

Como se puede observar en la gráfica de velocidad del automóvil vs velocidad del viento (**Figura 37**), las velocidades son similares dado que no había factores que alteraran la del viento; mientras que al comparar la velocidad del viento en la facia y en la parte superior del automóvil (**Tabla 10**), las velocidades fueron entre 30 y 35 km/h, manejando a una velocidad de 40 km/h, por lo que el viento tuvo una pérdida promedio de 18 % en la facia y en la parte superior del automóvil.

En conclusión, el mejor lugar para colocar el MiniTurbi es la facia del automóvil puesto que no se afecta la estética del vehículo, y lo más importante es que no estorba, pues ahí sólo se instalan accesorios que no son indispensables. Si el MiniTurbi se ubicara en la parte superior del automóvil, se afectaría la zona donde se coloca el equipaje, los objetos voluminosos y pesados que no caben en la cajuela del automóvil o en el interior del mismo.

#### **4.1.4 Análisis de la información eólica**

En el análisis de la producción de energía, que es la base de esta evaluación, es muy importante prestar especial atención a los datos que el equipo de medición proporciona. En el presente trabajo se logró una recuperación de 85.71% de la información aportada por el anemómetro acerca de la velocidad del viento, el 14.29% restante, se perdió debido a que el anemómetro sólo alcanza a medir hasta 120 km/h y la velocidad a la que se manejó el automóvil fue de 140 km/h.

#### **4.1.5 Conclusión acerca del recurso**

Las condiciones climáticas del lugar donde se probó el anemómetro, son ideales para la formación de viento y la aceleración de las corrientes de aire que pasan por el automóvil. La velocidad del viento es particularmente afectada por su posición en la facia, pues como se mencionó, cuando el automóvil va atrás de carros compactos se produce una disminución en la velocidad del viento al ser éste desviado. La presencia del viento con una velocidad promedio de 60 km/h y con patrones bien definidos a lo largo de trayectos del automóvil en las carreteras o autopistas, hacen que el proyecto del MiniTurbi tenga un elevado potencial, atractivo desde el punto de vista de la comercialización del recurso, debido a que gran parte de la energía eólica se encuentra disponible durante los recorridos realizados por el automóvil.

Se propone que en los automóviles donde se coloque el MiniTurbi, tengan una facia con huecos de 12 cm, para que el producto quede contenido sin ningún problema en el vehículo.

#### 4.1.6 Especificaciones de los equipos y su rendimiento

Tipo de carcasa	Los dos lados de las piezas que conforman a la carcasa son de polipropileno copolímero.
Tipo de protector	Las piezas que conforman al protector son de polipropileno copolímero.
Tipo de engranes	<p>Engranes fabricados en nylon</p> <p>Rueda (Acelerador)            Altura total del diente (At)= 1.35 mm            Diámetro exterior (de)= 37.78 mm            Diámetro primitivo (dp)= 36.60 mm            Diámetro fondo= 35.09 mm            Módulo= 0.60            Número de dientes= 61            Paso circular (Pc)= 1.88</p> <p>Piñón (Engrane)            Altura total del diente (At)= 1.35 mm            Diámetro exterior (de)= 14.61 mm            Diámetro primitivo (dp)= 13.40 mm            Diámetro fondo= 11.92 mm            Módulo= 0.60            Número de Dientes= 22            Paso circular (Pc)= 1.88</p>
Tipo de generador	<p>Motor paso a paso:            Modelo: M425P MITSUMI QH4-4251            11 ohms            Voltaje= 25 volts            Potencia= 56.81 watts</p>
Tipo de convertidor	Rectificador de onda completa con 4 diodos 1N4004 y regulador de voltaje 78xx
Tipo de hélice	Hélice de 86 mm de diámetro
Garantías	El producto provee una garantía no sólo de la condición física del producto y sus componentes sino que también, avala el rendimiento del producto para las condiciones bajo las cuales se instalará en el automóvil.

**Tabla 11.** Especificaciones de los equipos y su rendimiento

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor del 30 de abril al 28 de julio de 2011.

##### 4.1.6.1 Análisis del rendimiento del equipo

Cada equipo posee características que lo identifican y lo hacen especial para determinada actividad. No existen equipos malos o buenos, sencillamente a veces no son compatibles con las funciones solicitadas o con las que se pretende que realicen (Tabla 11). De forma resumida, este análisis del rendimiento del equipo permitirá establecer lo que cada uno de los generadores produce bajo las mismas condiciones. Con el propósito de establecer qué puede lograr cada generador, fueron

analizados seis de éstos con características similares, especialmente en lo que se refiere a su potencia. Para efectos de comparación y por el nivel de profundidad del estudio, todos los equipos fueron analizados con las mismas revoluciones por minuto (rpm) (Tabla 12).

Tipo de generador	Voltaje	Resistencia	Potencial eléctrico
1	29 volts	7.4 ohms	113.1 watts
2	28 volts	12.8 ohms	61.25 watts
<b>MITSUMI</b>	<b>25 volts</b>	<b>11 ohms</b>	<b>56.81 watts</b>
3	25 volts	9.7 ohms	64.4 watts
4	18 volts	5.3 ohms	61.13 watts
5	12 volts	15.4 ohms	9.3 watts

**Tabla 12.** Rendimiento de los diferentes generadores

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base en experimentación llevada a cabo por el autor del 30 de abril al 28 de julio de 2011.

**Nota: Con un taladro eléctrico de 600 rpm máximas durante un minuto, se hicieron trabajar los diferentes Motores Paso a Paso para generar electricidad.**

El voltaje y la resistencia de los diferentes generadores fueron medidos con un instrumento llamado multímetro digital,<sup>80</sup> con el que se verificó el potencial eléctrico, en la tabla 12 se observa que hay generadores con mejor rendimiento que el seleccionado, solamente que algunos pueden producir electricidad para un sentido, en tanto que otros presentaban una forma inconveniente para los propósitos del proyecto, por las anteriores razones se seleccionó el generador M425P MITSUMI QH4-4251 11 ohms

Fórmulas para obtener el potencial eléctrico:

$$P=V*I$$

o

$$P=\frac{V^2}{R}$$

Ecuación 6

Dónde:

P= Potencial eléctrico<sup>81</sup>

V= Voltaje

I= Intensidad

R= Resistencia

<sup>80</sup> Marca Steren, Modelo: MUL-050

<sup>81</sup> Giancoli. *Op. cit. Fórmula de potencial eléctrico.* (470-487).



## 4.2 Análisis por Elemento Finito

El CAE (Ingeniería Asistida por Computadora o en inglés *Computer Aided Engineering*), es el conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños realizados con la computadora, éstos son introducidos en el ordenador para valorar sus características, propiedades, viabilidad y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y sus consecuentes costos de fabricación eludiendo las pruebas para la obtención del producto deseado.<sup>82</sup>

El análisis por Elemento Finito (FEA por sus siglas en inglés: *Finite Element Analysis*) es un modelo de computadora de un material o diseño que se destaca por obtener resultados específicos. Se utiliza en el diseño de nuevos productos o de los ya existentes, para mejorar su rendimiento y verificar que el diseño propuesto sea apto para su producción siguiendo las especificaciones del cliente; también este modelo de computadora se utiliza para certificar el producto. En caso de fallo estructural, con el FEA se pueden realizar rectificaciones al diseño para optimizarlo.

En general hay dos tipos de análisis que se utilizan en la industria:

- a) Modelado 2-D.
- b) Modelado 3-D.

En el modelado 2-D se conserva la simplicidad, el análisis ejecutado en la computadora es relativamente normal pero, generalmente, tiende a dar resultados menos exactos. El modelado 3-D, produce resultados más precisos, sacrificando la capacidad de poder ejecutar en todos los equipos de cómputo. Actualmente, existen computadoras mucho más rápidas y eficaces que ayudan a obtener los resultados fácilmente. En cada uno de estos sistemas de modelado, el diseñador puede insertar numerosos algoritmos (funciones) para que el sistema se comporte de forma lineal o no lineal, según sea lo que se quiera lograr, pues los sistemas lineales son menos complejos y, en general, no toman en cuenta la deformación plástica en tanto que los

---

<sup>82</sup> Lazo Rojas, Oswaldo, Luis Rojas Rojas. (2006). *Diseño asistido por computadora*. Recuperado el 25 de abril de 2011.

[<http://www.scielo.org.pe/pdf/id/v9n1/a02v9n1.pdf>]

sistemas no lineales sí la toman en cuenta. Además, son capaces de comprobar si un material está a punto de sufrir una fractura.

#### **4.2.1 Estudio del Análisis por elemento Finito**

El análisis por Elemento Finito utiliza un sistema de puntos llamados nodos, los cuales programan una malla, para contener el material, sus propiedades estructurales que definen el modelo, así como la reacción de la estructura bajo ciertas condiciones de carga. Los nodos son asignados en función de los niveles de estrés anticipado de un área en particular. Las regiones que reciben grandes cantidades de estrés suelen tener una densidad de nodos superior a los que tienen poca o ninguna experiencia de estrés. Los puntos por considerar son los siguientes: punto de fractura del material, *fillets*, rincones, detalles de las zonas complejas y de alto estrés. La malla actúa como una telaraña que se extiende por cada nodo adyacente. Esta red de vectores es la encargada de llevar a cabo el Análisis por Elemento Finito.

Las fases del Análisis por Elemento Finito son:

1. Pre-procesamiento: se define el modelo de elementos finitos y los factores ambientales que influyen en él.
2. Solución del análisis: solución del modelo de elementos finitos.
3. Pos-procesamiento: resultados del análisis de elemento finito usando herramientas de visualización.

#### **Pre-procesamiento**

Se construye un modelo de elementos finitos de la estructura que se analizará. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y las características del mismo. Creada su geometría se utiliza un procedimiento para definir y dividirlo en pequeños elementos. Un modelo de elementos finitos está definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos. Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento,

mientras que los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen las propiedades localizadas de masa y rigidez de los elemento. Estos también están definidos por la numeración de la malla, la cual permite referenciar la correspondiente de flexión o esfuerzo.

Las tareas asignadas al preproceso son:

- a) El modelo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias, en un número de elementos finitos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de pre proceso.
- b) Los elementos de la malla se conectan entre sí, mediante un número discreto de puntos, situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema.
- c) Se toma un conjunto de funciones que definen de manera única, el campo de desplazamientos dentro de cada “elemento finito” en función de los desplazamientos nodales de dicho elemento. Por ejemplo, el campo de desplazamientos dentro de un elemento lineal de dos nodos podría ser definido por:  $u = N_1 u_1 + N_2 u_2$ , siendo  $N_1$  y  $N_2$  las funciones comentadas (funciones de forma), mientras que  $u_1$  y  $u_2$  son los desplazamientos en el nodo uno y en el nodo dos respectivamente.
- d) Las funciones de desplazamientos definen el estado de deformación del elemento, en términos de los desplazamientos nodales. Junto con las propiedades del material, estas deformaciones determinan el estado de tensiones en todo el elemento y en sus contornos.
- e) Se determina un sistema de fuerzas concentradas en los nodos, que equilibre las tensiones en el contorno y en las cargas repartidas, resultando así, una relación entre fuerzas y desplazamientos.

## Análisis

En esta etapa del proceso de análisis de elementos finitos se llevan a cabo una serie de procedimientos computacionales que involucran a las fuerzas aplicadas, así como las propiedades de los elementos para proponer un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como las deformaciones, estiramiento o estrés que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como la fuerza, la presión y la gravedad.

## Pos-procesamiento

Los resultados pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro de la aplicación del FEA (Finite Element Analysis), para observar e identificar completamente las implicaciones del análisis, es decir, los esfuerzos y deformaciones en el modelo.<sup>83</sup>

### 4.2.2 Tipos de Análisis utilizados en Ingeniería

Los tipos de análisis más utilizados en ingeniería, basados en el estudio mediante elemento finito son:

- **Análisis estático:** se emplea cuando la estructura está sometida a acciones estáticas, es decir, no dependientes del tiempo.
- **Análisis de vibración:** es utilizado para analizar la estructura sometida a vibraciones aleatorias, choques e impactos, las cuales actúan en la frecuencia natural de la estructura y causan resonancia. Con este análisis se detectan fallas inminentes en la estructura.
- **Análisis de fatiga:** ayuda a los diseñadores a predecir la vida útil del material o de la estructura, pronosticando el efecto de los ciclos de carga sobre el espécimen.<sup>84</sup>

---

<sup>83</sup> Método de Análisis por Elemento Finito y descripción del software Algor. Recuperado el 22 de febrero de 2011. [[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/moises\\_g\\_lf/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/moises_g_lf/capitulo5.pdf)]

<sup>84</sup> Método de análisis por elemento. *Op. cit.* Muestra, modelo, ejemplar, normalmente con las características de su especie muy bien definidas. [[http://buscon.rae.es/draef/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=ESPECIMEN](http://buscon.rae.es/draef/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=ESPECIMEN)]

Este análisis puede mostrar las áreas donde es más probable que se presente una grieta.

En los modelos que analizan la transferencia de calor por conductividad o dinámicas térmicas de flujo del material o de la estructura, generalmente, el estado continuo de transferencia se refiere a las propiedades térmicas del material que tiene una difusión lineal de calor.

El Análisis por Elemento Finito (AEF), es una solución para predecir fallas debido a tensiones desconocidas, señala problemas en la distribución de tensiones en el material y permite a los diseñadores ver todas las tensiones involucradas. Este método de análisis prueba el producto en un ambiente real, mejora los tiempos y costos en comparación con la creación de prototipos para ver los errores, en donde hay que mantener costos de manufactura asociados a la construcción de estos prototipos o modelos para realizar pruebas.

Las mayores ventajas de esta clase de análisis son:

- a) Es posible hacer el cálculo de las estructuras y llegar a una solución aunque el proceso sea complejo, por la gran cantidad de operaciones involucradas. Esto resultaría una pérdida de tiempo si se utilizaran métodos tradicionales.
- b) En la mayoría de los casos el riesgo de errores operativos, se reduce a límites escasos.

Actualmente existen algunas limitaciones en el Análisis por Elemento Finito por ejemplo:

1. El FEA calcula soluciones numéricas concretas y adaptadas a datos particulares de entrada, sin poder hacer un análisis de precisión sencillo, lo que permite conocer como variará la solución, en caso de que alguno de los parámetros se modifique ligeramente, proporciona respuestas numéricas cuantitativas concretas y no relaciones cualitativas generales.

2. El FEA facilita una solución aproximada cuyo margen de error en general es desconocido. Si bien algunos tipos de problemas permiten acotar el error de la solución, debido a las diversas clases de aproximaciones que usa el método, los problemas no-lineales o dependientes del tiempo en general no permiten conocer el error.

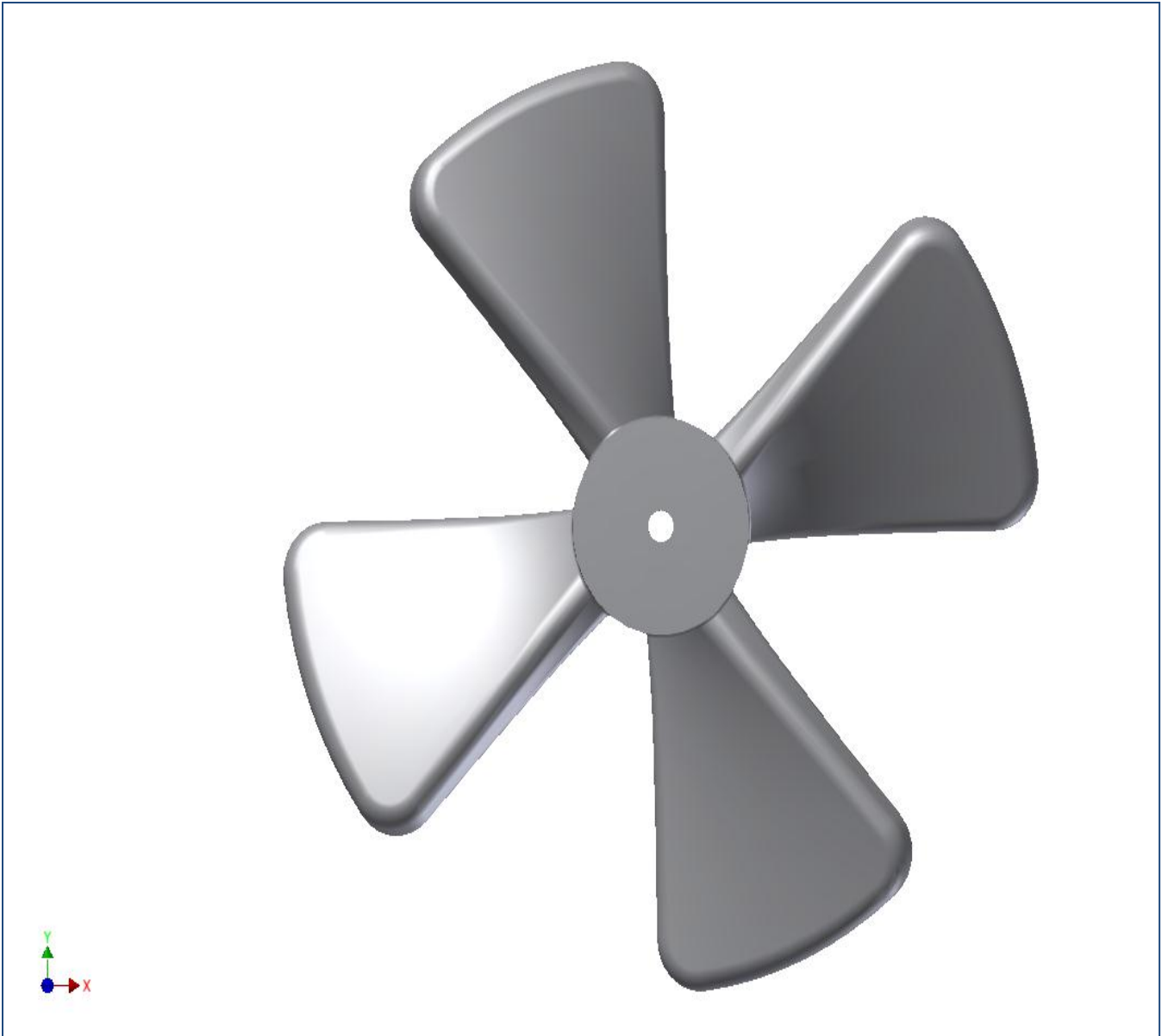
3. En el FEA la mayoría de las aplicaciones prácticas, requieren mucho tiempo para ajustar detalles de la geometría, surgen problemas si el condicionamiento de la malla está mal definida o persiste un grado desigual de convergencia de la solución aproximada hacia la solución exacta en diferentes puntos, etc. En general, una simulación, precisa de numerosas pruebas y ensayos con geometrías simplificadas, para lograr un resultado satisfactorio.

#### **4.2.3 Especificaciones técnicas de la hélice**

Para poder realizar el análisis de la estructura debemos conocer las condiciones de explotación a las que va a someterse la hélice, así como las medidas necesarias para su correcto funcionamiento. La carga de la hélice será de 200 N, y se va a concentrar en la unión del aspa con el eje, debido a que en ese lugar se produce el máximo estrés en el material. Según las medidas tomadas en el área de trabajo, se tendrá un diámetro de 86 mm y una altura de 14 mm. Con los datos anteriores realizaremos el estudio para determinar las dimensiones precisas y exactas de la hélice así como la pieza del rotor para el MiniTurbi y se podrá contar con los elementos necesarios para dar una propuesta final de diseño (**Figura 39**)<sup>85</sup>.

---

<sup>85</sup> XXIX Hélice del MiniTurbi. Aguirre Contreras Javier. (2012).



**Figura 39.** Hélice del MiniTurbi <sup>XXIX</sup>

#### **4.2.3.1 Selección del material**

El Polipropileno es un polímero preparado catalíticamente a partir del Propileno. Difiere del polietileno de alta densidad por que mantiene un remplazo isostático de un átomo de hidrógeno por un grupo metilo, en un átomo de carbono de la cadena principal. Presenta una dureza de R95 y una fuerza de tensión de cuatro mil 500 libras por pulgada cuadrada (lb/psi).

Las moléculas de Polipropileno (PP) se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre sí, en la cual se insertan grupos metilo ( $\text{CH}_3$ -) a uno y a otro lado de la cadena. Cuando todos los grupos metilo están del mismo lado, se habla del “Polipropileno isostático”, si están alternados a uno y otro lado de la cadena, se llama “Polipropileno sindiotático”; en cambio cuando no tienen un orden aparente se denomina “Polipropileno atáctico”. Las propiedades del PP dependen principalmente del tipo de tacticidad que presenten sus moléculas.<sup>86</sup>

El Polipropileno puede ser de dos tipos: *homopolímero* (obtenido de la polimerización del Propileno puro) y *copolímero* (cuando se añade en la polimerización del cinco al 30% de etileno) con lo que se obtiene un copolímero de elevada resistencia al impacto, llamado *copolímero estadístico*, si la reacción de polimerización del Propileno y etileno se lleva a cabo en un mismo reactor, y *copolímero en bloques*, si las polimerizaciones anteriores se realizan en diferentes reactores.

Se pueden mencionar las principales ventajas del copolímero en bloques: presenta un alargamiento de rotura en tracción de 450–900% mayor al del homopolímero, además de presentar la mayor resistencia y una dureza de 9-40  $\text{kJ/m}^2$ .

En esta pieza del MiniTurbi se utiliza un PP copolímero en bloque, dado que este tipo de material presenta una elevada resistencia al impacto del aire en el automóvil, además de que a temperaturas bajas de  $-40^\circ\text{C}$  no se vuelve frágil y conserva su ductibilidad.<sup>87</sup>

El Polipropileno es uno de los plásticos de mayor venta en el mundo, debido a su bajo costo de producción. Los diferentes procesos en los que se puede aplicar pueden ser la inyección, la extrusión, el moldeo por soplado, el calandrado, etcétera.

Las ventajas del Polipropileno son:<sup>88</sup>

---

<sup>86</sup> Petroquim. (2005). Polipropileno, Hoja de Seguridad (HDS). Recuperado el 30 de enero del 2011. <http://www.petroquim.cl/archivos/HDS%20Polipropileno.pdf>

<sup>87</sup> Termoplásticos.php. Recuperado el 20 de enero de 2011. [\[http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.SeleccionTERMOPLASTICOS.pdf\]](http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.SeleccionTERMOPLASTICOS.pdf)

<sup>88</sup> Petroquim. *Op. cit.*



- a) No requiere de obra especializada
- b) Fácil manipulación
- c) Anticorrosivo
- d) Vida útil ilimitada
- e) No requiere protección especial
- f) Excelente compatibilidad con el medio
- g) Fácil de reciclar
- h) Peso reducido.

En la industria automotriz es muy utilizado, debido a las ventajas anteriormente mencionadas.

#### **4.2.3.2 Estudio del comportamiento de la hélice**

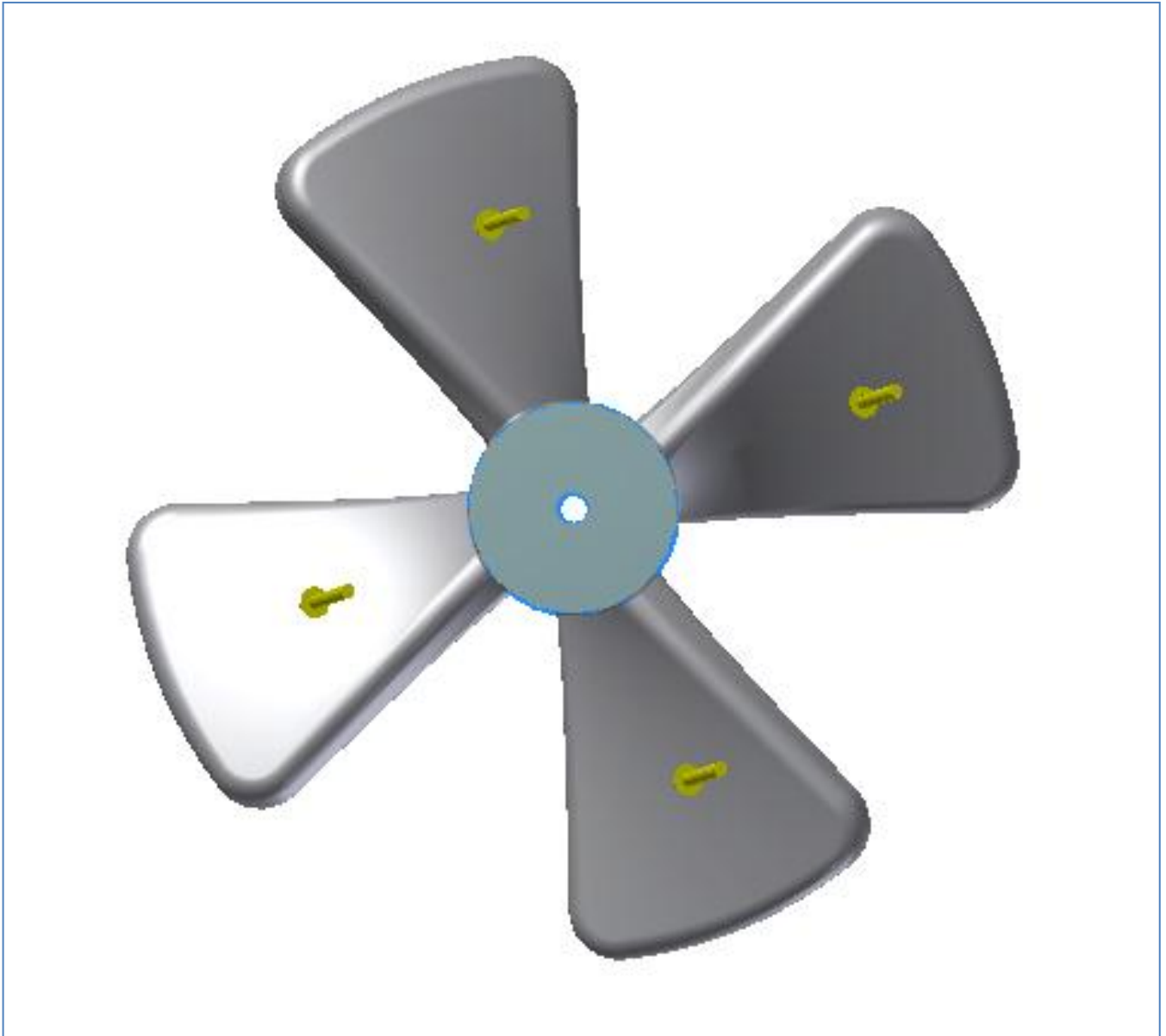
El análisis se realizó sólo en la hélice debido a que es la pieza más importante del MiniTurbi, ya que es la encargada de captar la energía proveniente del aire, por lo tanto, el diseño debe tener una confiabilidad elevada desde el punto de vista de la resistencia de materiales. Para realizar el análisis de elemento finito se siguen los siguientes pasos.

1. Primero se diseña el modelo y se especifican las propiedades del diseño.
2. Se asigna el material (se define como simulación modal, puede ejecutarla en ese momento si se cuenta con suficiente información para ver las frecuencias naturales).
3. Se añaden las restricciones.
4. Se añaden las cargas (**Figura 40**).
5. Se especifica y se pre visualiza la malla (opcional) (**Figura 41**).
6. Se ejecuta la simulación.
7. Se visualiza e interpreta los resultados.<sup>89</sup>

Cuando se modifique el modelo o se introduzcan diversos datos para la simulación, puede ser necesario actualizar la malla u otros parámetros del análisis.

---

<sup>89</sup> *Manual de Autodesk. Inventor 2010*

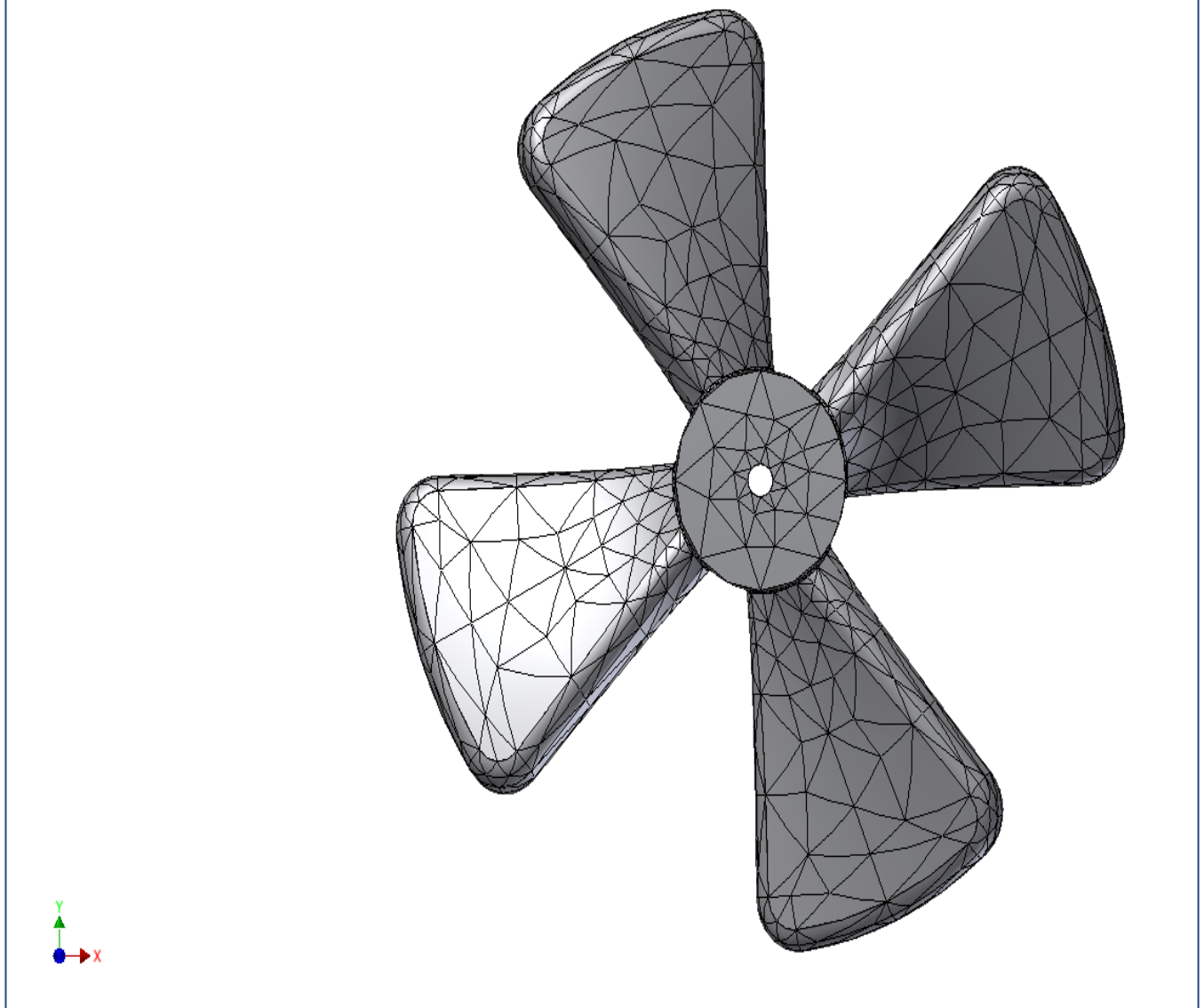


**Figura 40.** Análisis de la hélice aplicando una carga de 200 N <sup>xxx</sup>

A la hélice se le aplica una fuerza del viento que choca en ella en los recorridos del automóvil y que corresponden a 200 N en cada aspa (**Figura 40**)<sup>90</sup>.

<sup>90 xxx</sup> Análisis de la hélice aplicando una carga de 200 N. Aguirre Contreras Javier. (2012)

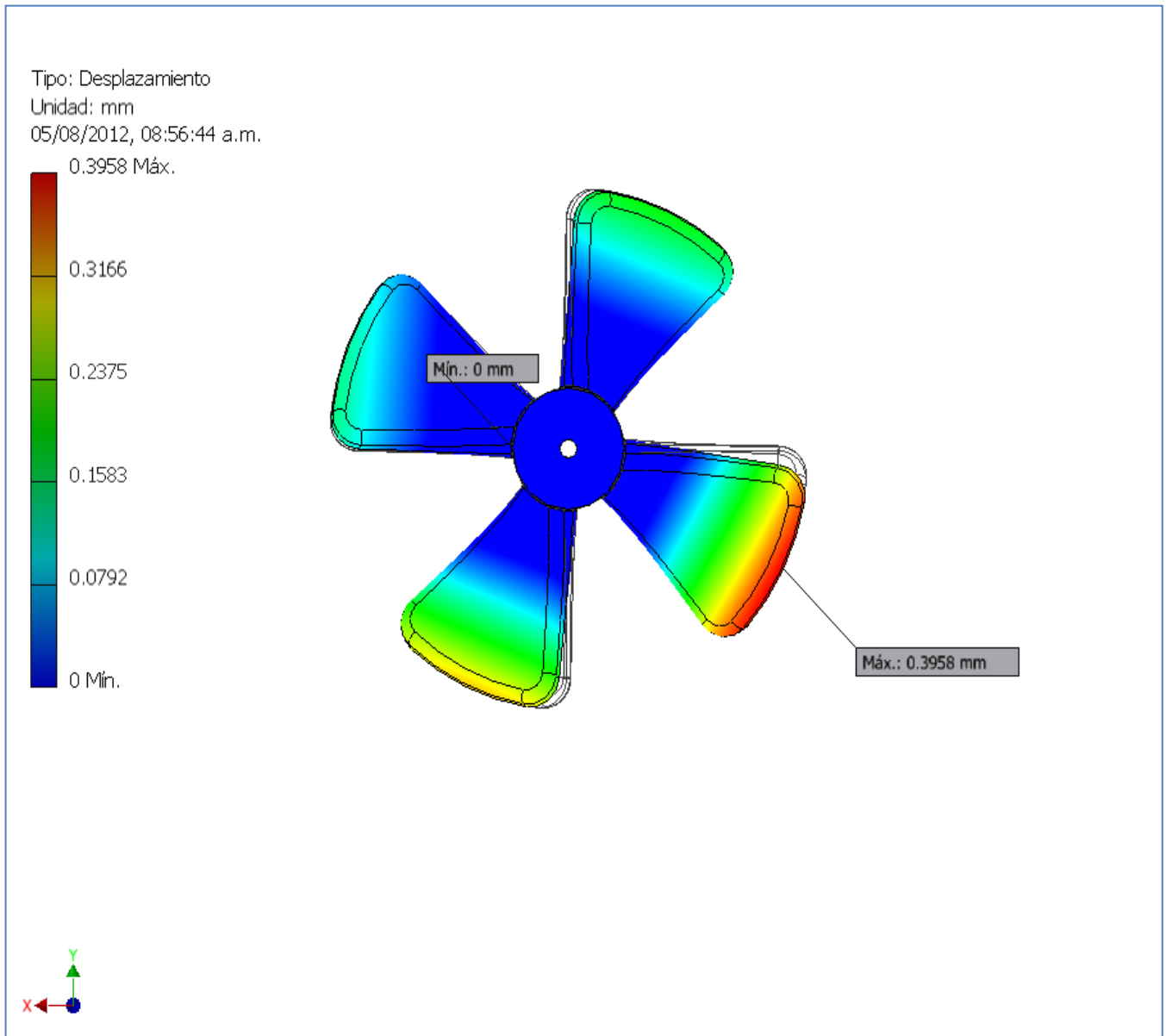
Nodos:13776  
Elementos:8644



**Figura 41.** Malla de la hélice <sup>XXXI</sup>

El modelo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias, denominados nodos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de pre proceso. Los elementos de la malla se conectan entre sí, mediante un número discreto de puntos, situados en sus contornos (**Figura 41**)<sup>91</sup>.

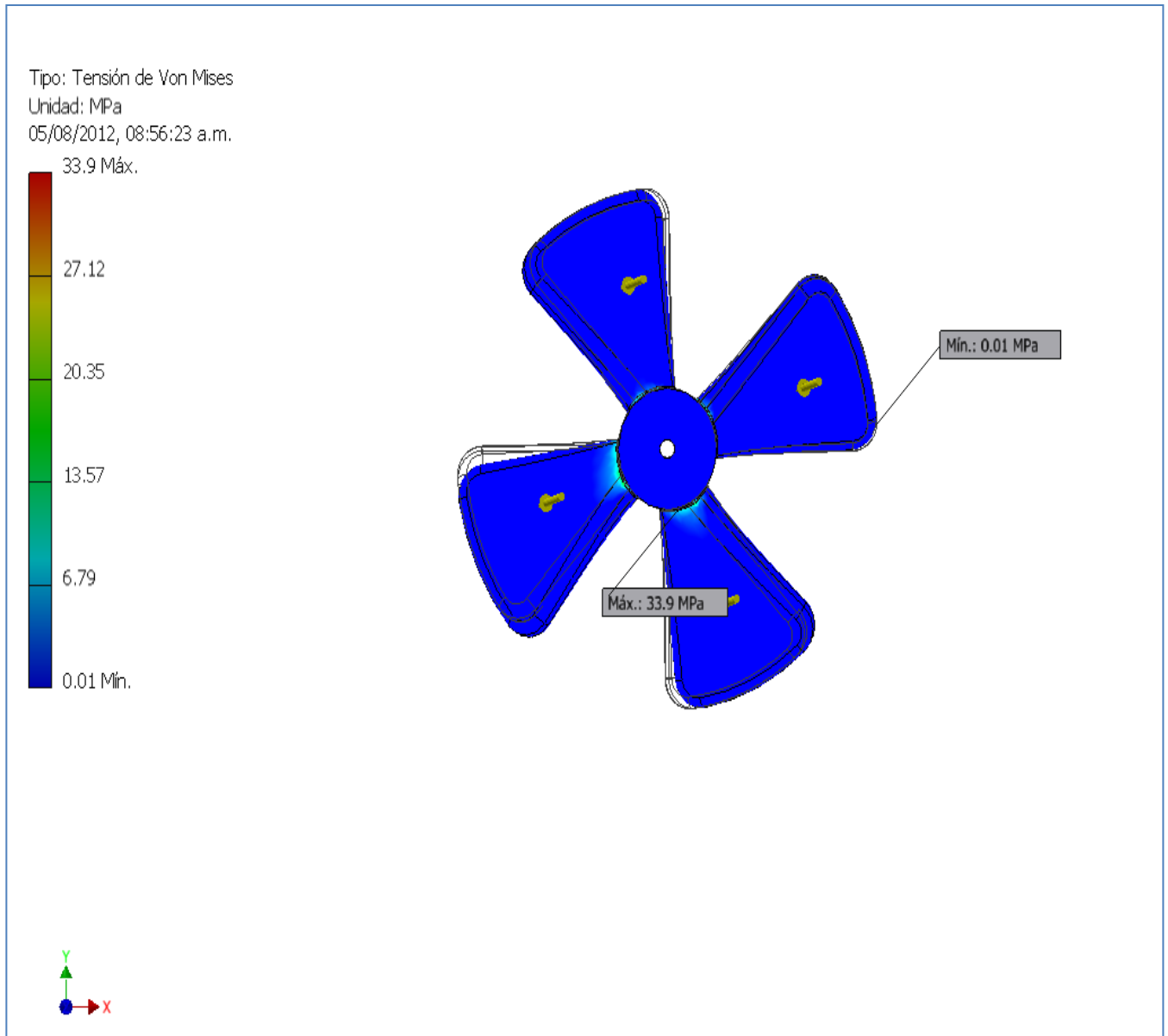
<sup>91</sup> <sup>XXXI</sup> Malla de la hélice. Op. cit.



**Figura 42.** Análisis modal de la hélice <sup>XXXII</sup>

En el Análisis Modal las deformaciones son las frecuencias naturales de vibración, su magnitud es relativa y no puede interpretarse como la deformación real. La frecuencia modal se muestra del lado izquierdo, donde aparece una tira de colores, el color azul significa que la pieza no tiene deformación, equivalente a 0 mm, tanto que el color rojo indica que existe una deformación de 0.3958 mm (Figura 42)<sup>92</sup>.

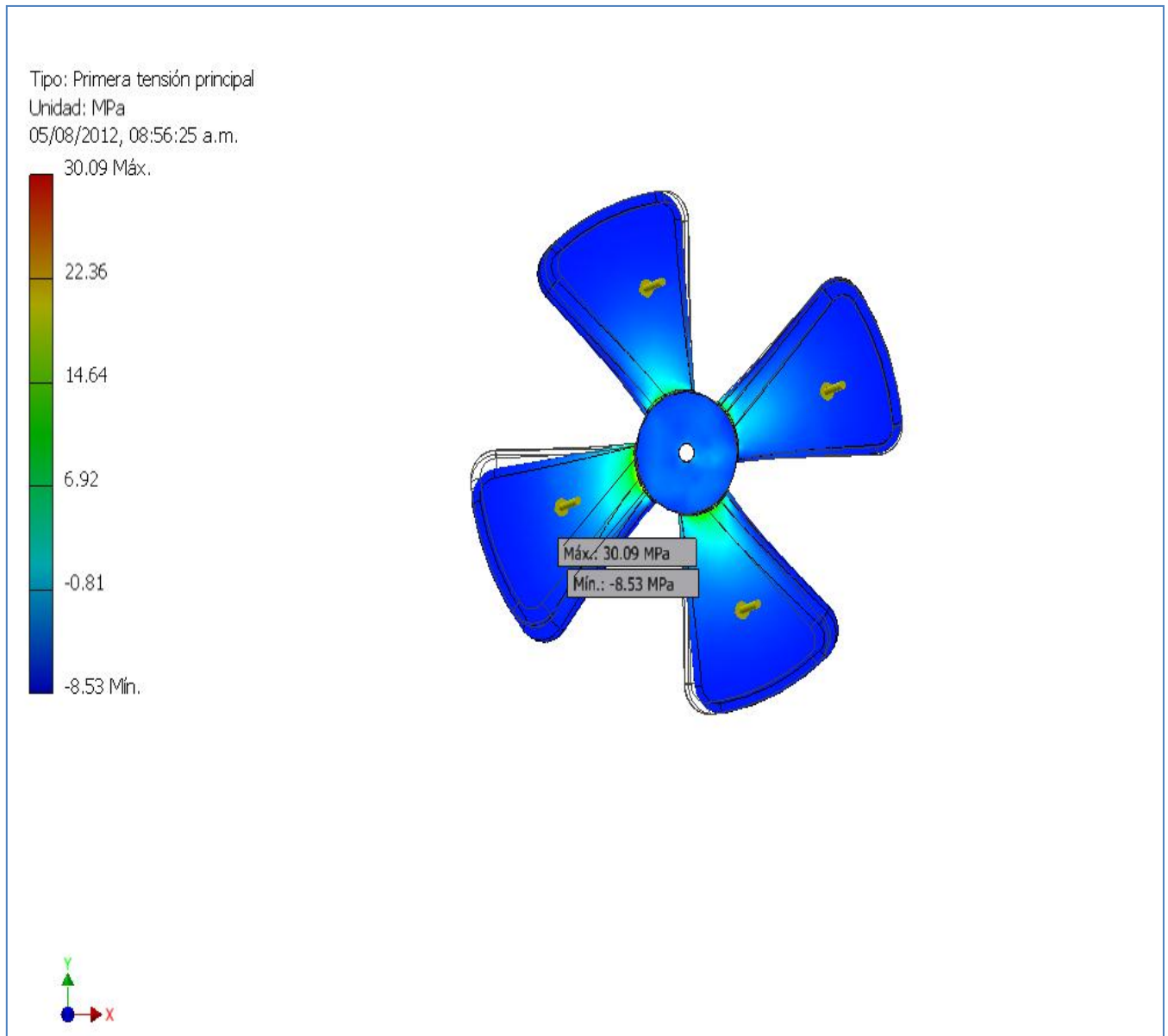
<sup>92</sup> XXXII Análisis modal de la hélice. *Ibídem*.



**Figura 42.1.** Tensión Von Mises <sup>XXXIII</sup>

En la *Tensión de Von Mises* muestra donde es posible que el modelo se fragmente. El azul significa que el modelo soporta los Newton aplicados, mientras el rojo representa que el material posiblemente se fragmente, indicando que en donde había peligro, era en la unión del aspa con el eje, lo anterior se resolvió disminuyendo el tamaño del empalme (Figura 42.1)<sup>93</sup>.

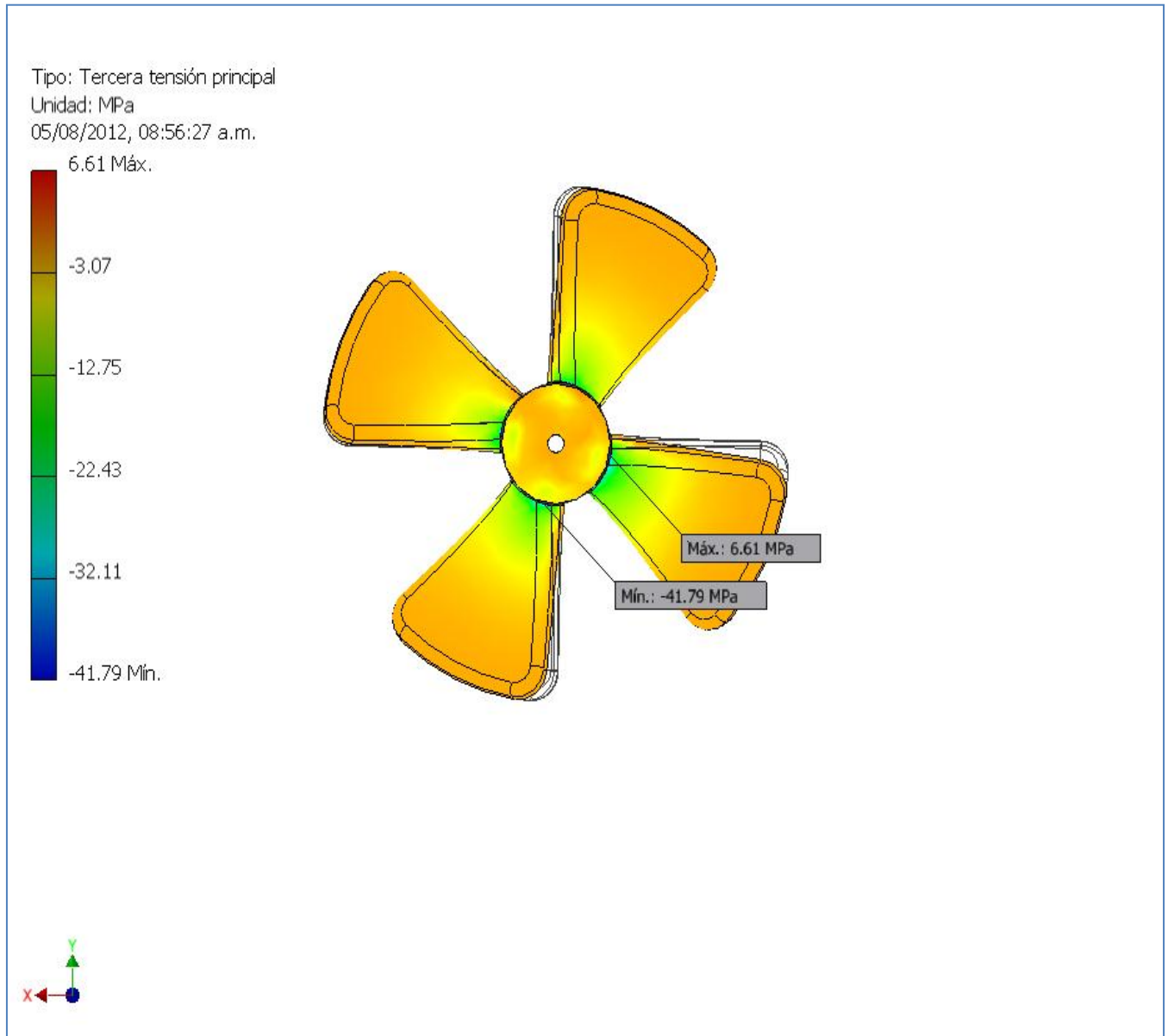
<sup>93</sup> XXXIII Tensión Von Mises. *Ibíd.*



**Figura 42.2.** Primera Tensión Principal <sup>XXXIV</sup>

La primera tensión principal ayuda a comprender la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza por las condiciones de carga, el color azul significa que hay una elasticidad de -8.53 MPa, mientras el color rojo indica una elasticidad de 30.09 MPa (Figura 42.2)<sup>94</sup>.

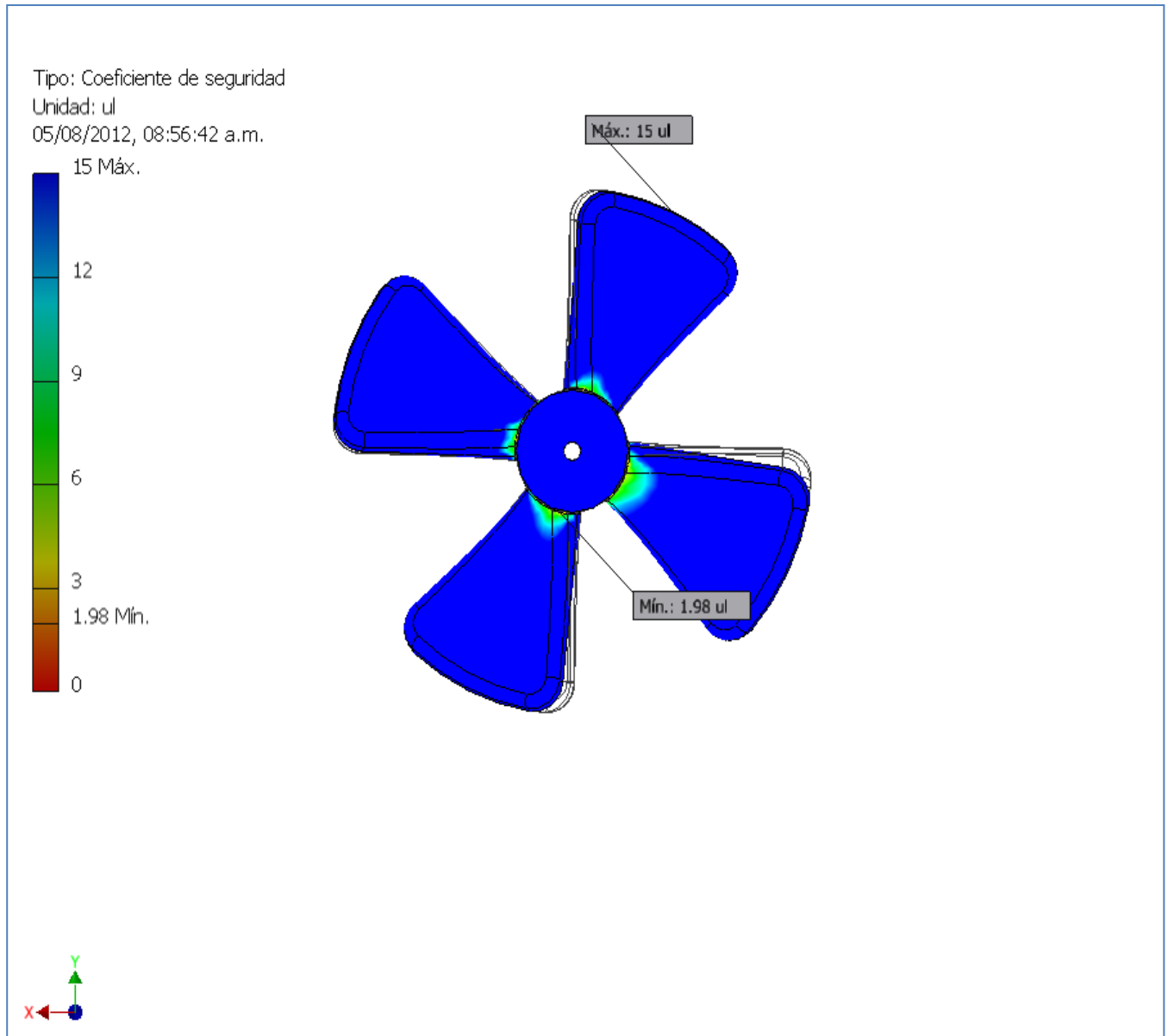
<sup>94</sup> XXXIV Primera Tensión Principal. *Ibídem*.



**Figura 42.3.** Tercera Tensión Principal <sup>xxxv</sup>

La tercera Tensión Principal ayuda a comprender la tensión máxima de compresión inducida en la pieza por las condiciones de carga, el color azul significa que hay una elasticidad de -41.79 MPa, mientras el color rojo indica una elasticidad de 6.61 MPa (Figura 42.3)<sup>95</sup>.

<sup>95</sup> <sup>xxxv</sup> Tercera Tensión Principal. *Ibídem*.



**Figura 42.4.** Coeficiente de seguridad<sup>xxxvi</sup>

El coeficiente de seguridad muestra las áreas del modelo en donde es probable que fallen (**Figura 42.4**)<sup>96</sup>; el color rojo muestra las áreas de máxima tensión. Se aclara que la carga máxima es cuando el viento es superior a 200 km/h o 55.55 m/s, lo anterior se resolvió al aumentar el grosor de las aspas. La carga se aplicó directamente a la hélice, siendo importante tomar en cuenta que se instalará una tapa protectora, la cual reducirá la carga hacia la hélice.

<sup>96</sup> xxxvi Coeficiente de seguridad. *Ibídem*.



Para el análisis estático, el resultado por defecto es la *Tensión de Von Mises*, mientras que para el análisis modal, es la Frecuencia. Estas herramientas permiten observar la magnitud de las tensiones existentes en la hélice así como, la deformación de ésta y el coeficiente de seguridad de tensión.

De acuerdo a las pruebas a las que fue sometida virtualmente la hélice, ésta soporta la carga máxima del viento sobre ella.

Se realizaron pruebas a diferentes tipos de hélices variando estas en tamaño, grosor y empalme.

Con este trabajo se facilita la labor que se realiza para obtener los cálculos del diseño de forma manual, se disminuye el tiempo empleado en este análisis y alcanza un nivel de confiabilidad a la hora de obtener los resultados del diseño en general.

# **Capítulo V**

## **Costos**

## 5 Costos del MiniTurbi

En este capítulo se analizan los costos del producto, con el propósito de estudiar el potencial que tiene el MiniTurbi para convertirse en un negocio con capacidad de retorno para los inversionistas. Se presenta un desglose completo de los costos directos e indirectos, indispensables para llevar a cabo el proyecto.

### 5.1 Costos de Producción

El método o modelo de negocios que aquí se expresa es el que incorpora todos los costos en un solo bloque; con un desglose detallado de los costos necesarios en cada una de las diferentes fases que integran el proyecto, para la producción del MiniTurbi (**Tabla 13**).

Se plantea la instalación de dos MiniTurbi en el automóvil, con una capacidad bruta de 0.11364 kW, en los vehículo que tengan huecos de 12 cm para los faros de niebla y una velocidad constante de 60 km/h, ya que el MiniTurbi necesita de esa velocidad para generar electricidad, por lo que puede funcionar tanto en autopistas como en carreteras (el límite de velocidad en cada una de estas, varía de acuerdo a sus especificaciones técnicas, y características) pues en estos sitios, es común manejar el automóvil a velocidades superiores a 60 km/h.

La fuente de información de costos proviene de los probables proveedores de los equipos, sin que ello implique que no habrá más cotizaciones, si se considera necesario se consultará a otros proveedores, por lo que, este proceso está sujeto a cambios hasta el momento de la adquisición definitiva.

Estimación	Costo Unitario (Moneda Mexicana)	Costo por proyecto (Moneda Mexicana)
<b>Equipo electromecánico</b>		
Hélice (incluyendo el molde y la inyección)	8,000	16,000
Carcasa lado derecho e izquierdo (incluyendo el molde y la inyección)	20,000	40,000
Eje	100	200
Balero	25	50
Engrane	1,500	3,000
Generador		1,000
Otros materiales (aceite, desarmadores, etcétera)		4,000
Herramienta, equipo de mantenimiento y capacitación		15,000
Set iniciales de repuestos		30,000
Costos directos		100,000
<b>Supervisión e ingeniería</b>		
Diseño y construcción		50,000
Consultoría (legal, financiera, ambiental, etcétera)		40,000
Gastos administrativos		15,000
Contingencias		10,000
Costos indirectos		60,000
Costos totales		<b>384,250</b>

**Tabla 13.** Estimación de costos para el proyecto del MiniTurbi (2012)

Fuente: Aguirre, J. (2012) con base en cotizaciones de fabricantes y proveedores.

### Equipo electromecánico

Incluye los dos aerogeneradores y sus componentes (carcasa, convertidor-regulador, generador, engranes, hélice y baleros). Todo lo relacionado con este rubro debe formar parte de un solo paquete, debido a la precisión que requiere para integrarse.

### Equipo de mantenimiento

Se ha estimado una cantidad de dinero suficiente para adquirir herramienta básica y otra especial para hacer un mantenimiento completo. Los montos establecidos no están basados en cotizaciones directas, debido a que se han tomado de algunos catálogos y otras fuentes de información.<sup>97</sup>

<sup>97</sup> Véanse los anexos: Catálogo 2012 de proveedores y fabricantes

**Set inicial de repuestos**

Aunque un paquete de repuestos y herramientas básicas debe formar parte del abastecimiento necesario, que provea al proyecto de lo necesario para los primeros meses de operación, es importante adquirir un paquete adicional de repuestos.

**Entrenamiento para la operación y mantenimiento**

El personal que vaya a trabajar en la elaboración e instalación del MiniTurbi debe ser entrenado en su funcionamiento, para que la operación y mantenimiento menores lo realice personal calificado. Además, de la capacitación básica que implica un costo directo para el proyecto, es necesario considerar que este personal debe adquirir mayor capacitación en aspectos especiales de mecánica, seguridad y electrónica.

**Contingencias**

Se han tomado en cuenta algunas variaciones en costos menores de algunos componentes que no fueron considerados en las etapas anteriores, por tal razón, se ha dispuesto de un 10% de los costos directos para cubrir los imprevistos. Aunque el monto aparenta ser una cantidad significativa, su función es cubrir todos aquellos aspectos que hayan sido subestimados o bien ignorados en el proceso de diseño y cotización.

**5.2 Costos de operación y mantenimiento**

Los costos mayores relacionados con la operación y el mantenimiento del MiniTurbi, por definición se incurren en el rubro de costos de producción (Instalación, equipo y herramienta de mantenimiento, paquete básico de repuestos, etc.). Generalmente existen costos que son independientes a la producción, tales como el mantenimiento bajo programa, el control de rendimiento, la administración y el personal operativo entre otros. Los costos normales de operación generalmente, se refieren al personal técnico y administrativo para realizar actividades de oficina. Además, existe un equipo básico responsable del mantenimiento preventivo y

correctivo del MiniTurbi. Para establecer los costos de operación y mantenimiento, se realizó un desglose general de los rubros (Tabla 14).

Costos de operación y mantenimiento generales	Unidades	Días	Costo/unidad (Moneda Mexicana)	Costo Proyecto (Moneda Mexicana)
<sup>1</sup> Repuestos	Turbinas	35	800	28,000
Mantenimiento bajo Programa	Jornales	6	55	330
Mantenimiento fuera de Programa	Jornales	2	110	220
<sup>2</sup> Administrativo	Jornales	100	300	30,000
<sup>3</sup> Operadores	Jornales	80	55	4,400
<sup>4</sup> Servicios Generales	Jornales	180	55	9,900
Total en Mano de Obra				<b>72,850</b>

**Tabla 14.** Costos de operación y mantenimiento generales (2012)

Fuente: Aguirre, J. (2012) con base al salario mínimo correspondiente a la zona A (Zona Metropolitana del Valle de México).

1. Monto estimado con base en la consulta a diversos proveedores sobre los repuestos.
2. Supone la contratación de un gerente general que estará a cargo de vigilar toda la actividad administrativa del proyecto. Se estima que dicha persona pueda dedicar 50% de su tiempo a las actividades administrativas.
3. Consiste en la contratación de operadores que atiendan la etapa de control de calidad, a fin de entregar un producto excelente.
4. Cubre la necesidad de una persona que atienda la limpieza y cuidado de las instalaciones generales.

## Análisis financiero

Para el análisis financiero con una visión al futuro, es necesario considerar aspectos relacionados con las tendencias mundiales del sector automotriz. Se han estudiado elementos genéricos y comunes de las principales compañías interesadas en el desarrollo del proyecto.

## Estructura financiera de la operación

La realización del proyecto puede iniciarse con una perspectiva de riesgos y beneficios compartidos con un desarrollador, tomando en cuenta los intereses de los propietarios (concesionarios de la patente). Aún no han sido definidos los términos para seleccionar al proveedor-desarrollador, sin embargo, su capacidad técnica y financiera serán determinantes. Los socios compartirán los costos iniciales, el capital social, el financiamiento y en consecuencia los beneficios futuros.

## Patrimonio

Con afán de someter el proyecto a las condiciones financieras globales, se ha considerado proporcionar entre 15% y 30% del costo inicial, como capital social de base, que servirá de contrapartida para la gestión del resto del financiamiento con el proveedor, aun si se utilizara una fuente de financiamiento nacional o internacional. En la base financiera se considera 20% de capital propio a una tasa de interés de 15%. Según las tasas vigentes nacionales, el promedio de un préstamo oscila entre 10 y 30%,<sup>98</sup> en tanto que las tasas en Estados Unidos o en Europa serían de 7%<sup>99</sup> en promedio. Si el proyecto iniciara entre el 2012 y el 2013 el interés nacional se elevaría del 28%; mientras que en Estados Unidos o Europa al 9%, por lo que es necesario hacer una proyección de las tasas de interés, considerando lo siguiente:

- a) En dónde se solicitaría el préstamo
- b) A que plazos se haría el préstamo
- c) Revisar la tasa de retorno para pagar el capital y el interés, más la ganancia a los potenciales accionistas, valorando la inestabilidad que tendrían los mercados financieros globales en 2012 y 2013.

## Financiamiento

Se espera que 80% del costo total del proyecto sea financiado por medio de acciones provenientes de inversionistas, o de uno o varios bancos, se han evaluado varias tasas de interés relacionadas con el costo del capital. En forma paralela se ha presentado un escenario base (creado a partir de las expectativas de los proveedores más cercanos) con 20% de capital propio y 80% de financiamiento. Se asume una tasa de interés de 15%. El proyecto parte del principio de ofrecer las soluciones resultantes a las empresas armadoras de automóviles, puesto que la investigación y desarrollo implicados en su realización requieren de financiamiento

---

<sup>98</sup> Banamex. Tasa Fija, fecha del cálculo 01 de Junio 2010.

[[http://www.banamex.com/personas/creditos/credito\\_personal/plazo\\_tasa\\_fija.htm](http://www.banamex.com/personas/creditos/credito_personal/plazo_tasa_fija.htm)]

<sup>99</sup> Tasas de interés en Estados Unidos y Europa.

[[www.bloomberg.com](http://www.bloomberg.com)]

amplio y estable. Los resultados se tendrían que poner a prueba de manera intensiva antes de ofrecerlos al público en general.

Siempre existe la posibilidad de que, una vez instalados los productos en los automóviles de línea, se verán los enormes beneficios y los usuarios que poseen vehículos sin el MiniTurbi, buscarán la posibilidad de incorporarlos a sus autos a través de adaptaciones, según las facilidades de cada marca y modelo.

### Otras aportaciones

Aunque no se ha establecido el mecanismo de interacción, se ha sopesado la apertura para el capital accionario externo. Esto se convierte en una oportunidad, para que el inversionista nacional o extranjero haga posible su participación en los costos y beneficios desde el inicio del proyecto. Sin embargo, en todos los posibles escenarios se considera una participación mayoritaria de capital propio. En el cuadro financiero únicamente se han tomado en cuenta dos fuentes para conseguir los fondos: capital propio y el financiamiento bancario o accionario.

### Generación neta

Se estudió una potencia genérica para un MiniTurbi con capacidad de 0.05682 kW y una capacidad total de 0.11364 kW por medio de dos MiniTurbi.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

P= Potencial eléctrico<sup>100</sup>

V= Voltaje

R= Resistencia

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(25 \text{ volts})^2}{11 \text{ ohms}} \approx 56.82 \text{ watts; se convierten los watts (w) a kilowatts (kW),}$$

$$1000 \text{ w} = 1 \text{ kW} \quad 56.82 \text{ watts} \approx 0.05682 \text{ Kw} \times 2 \text{ (MiniTurbis)} \approx 0.11364 \text{ kW}$$

0.11364 kW generados por los dos MiniTurbis

<sup>100</sup> Giancoli. *Op. cit. Fórmula de potencial eléctrico.* (470-487). Véase la Tabla 12 sobre rendimiento de los diferentes generadores.



### Ahorro en la tarifa

Normalmente el rango de las tarifas eléctricas tiene un precio promedio de \$1.348 kWh por parte de la CFE (de acuerdo a los datos disponibles en la página de la Comisión Federal de Electricidad [www.cfe.gob.mx]. La tarifa aplicable para la región central del país considerada fue la de 2011)<sup>101</sup>, se debe recordar que la Comisión Federal de Electricidad actualiza e incrementa mensualmente las tarifas eléctricas. Para el caso del proyecto, el precio de referencia propuesto inicialmente ha sido de \$0.80 kWh, éste, por cuestión de análisis, se mantendrá fijo, sin embargo, contractualmente podría solicitarse un escalamiento<sup>102</sup> para los 10 primeros años del proyecto. Mediante la información anemométrica recolectada, se pudo establecer la factibilidad del producto en el mercado automotriz, así como, en el costo de la electricidad generada durante los recorridos del automóvil.

### Conclusión

El automóvil eléctrico necesita de 13.78 kWhbatería (sólo son los kWh que contiene la batería) para recorrer 100 km. Los kWhbatería son indispensables para que circule el vehículo, pero la batería necesita extraer de un tomacorriente una cantidad superior de kWh, dado que en el proceso de carga, transmisión o distribución de la electricidad se generarán pérdidas en la batería, esto sucede porque no hay, hasta el momento, una máquina que desarrolle un rendimiento cercano al 100%.

---

<sup>101</sup> Véase el anexo: Tarifas eléctricas en la zona centro del país

<sup>102</sup> Gereffi. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas de desarrollo*. 32(125). México: IIEC-UNAM, abril- junio. El escalamiento integra la interacción entre las empresas, la competitividad, permite la visualización de las distintas formas en que las empresas logran acceder a nuevos sectores o nichos de mercado, a partir de estrategias concretas como el paquete completo.

El MiniTurbi genera 0.11364 kW a una velocidad de viento constante de 60 km/h. La fórmula de velocidad es utilizada para calcular el potencial eléctrico del MiniTurbi en un tiempo determinado.

$$V = \frac{d}{t}$$

Ecuación 7

Dónde:

V= velocidad<sup>103</sup>

d= distancia

t= tiempo

Entonces, si la velocidad necesaria para que el MiniTurbi produzca electricidad es de 60 km/h y recorre una distancia de 100 km, se sustituyen estos valores en la fórmula de velocidad, el tiempo calculado es de 1.66 horas, multiplicándolo por 0.11364 kW que genera el MiniTurbi, se obtienen los 0.1886 kWh generados durante 100 km. Si el kWh cuesta en promedio \$1.348 (precio promedio de electricidad durante el año 2011 en la zona central de la República mexicana), al multiplicarlos por 0.1886 kWh se ahorrarán \$0.2542 pesos por cada 100 km. Si durante seis días a la semana se recorre 100 km, por los 600 km, resultantes se tendría un ahorro de \$1.5252 a la semana, lo que al mes vendrían siendo \$6.1006. Aunque, aparentemente es muy poco para la inversión que se va a realizar, el ahorro que produciría en cinco años sería de \$366.048 (Tabla 15), dando por sentado que el precio de la electricidad no se incremente, lo cual es improbable que suceda o quede plasmado en los presupuestos de ingresos y egresos de la federación durante los primeros 10 años del proyecto (2011-2021), lo anterior se deriva de una disminución progresiva del subsidio parcial que el gobierno federal otorga actualmente a los usuarios domésticos de bajo consumo.

Tiempo	Mes	5 años	10 años	15 años
Monto ahorrado	\$6.1006	\$366.048	\$732.096	\$1,098.144

**Tabla 15.** Proyección de ahorro monetario del MiniTurbi en el automóvil eléctrico

Fuente: Aguirre, J. (2011) con base a las tarifas eléctricas de CFE.

<sup>103</sup> Giancoli. (2006). *Fórmula de velocidad*. (20-23).

Otro punto importante en este análisis, es evaluar el aumento mensual de la gasolina, los cuales por acuerdo parlamentario de la Cámara de Diputados (2009-2012) se previeron presupuestalmente para que éstos terminen inicialmente, hasta diciembre de 2014, siendo lo más probable que se vuelvan permanentes. Actualmente su precio al 12 de noviembre de 2012 es de \$10.72 por litro, y será difícil para el gobierno federal cancelar este aumento durante los próximos cinco años, pues el subsidio a la gasolina le cuesta 120 mil millones de pesos al año (OCDE, 2011), y las proyecciones internacionales indican también, que el precio de la gasolina se incrementará anualmente en grandes proporciones.

Se ha mencionado con anterioridad, que los vehículos que usan combustible emiten grandes cantidades de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), por lo que el poseedor de este tipo de automóviles se verá obligado a pagar multas y recargos por las emisiones de  $\text{CO}_2$  que emita su vehículo. También se debe valorar la preservación de los combustibles fósiles para alargar su producción y uso, ante la previsible escasez en el periodo 2011-2016 (AIE, 2011).

Por las razones anteriores, es evidente que la inversión en el MiniTurbi a corto plazo, se observa desproporcionada en relación con la tasa de inversión/ganancia, pero, a mediano y largo plazo el consumidor de este producto se verá enormemente beneficiado tanto económica, como ambientalmente.

Este segundo aspecto debe analizarse más cuidadosamente, pues la preservación del medio ambiente es tan importante para la vida, por lo tanto es prioridad permanente tanto a nivel individual como gubernamental la conservación de la biodiversidad, por lo que la Cámara de Diputados y Senadores de la Nación deberían aprobar un estímulo fiscal deducible de impuestos para aquellos propietarios de autos eléctricos que decidieran instalar el MiniTurbi en sus unidades. Si se logrará evitar el consumo de gasolina de los autos de combustión interna (tanto de diesel como de gasolina) que circulan en el mundo, habría un avance importante en la recuperación ecológica, y con el uso del MiniTurbi, disminuiría drásticamente la emisión respectiva, tanto de los gases de efecto invernadero (GEI) como de lluvia ácida.

El costo de los dos MiniTurbi es de \$30 mil pesos, para todas las personas que quieran instalar el producto en sus automóviles (incluyendo la instalación; el mantenimiento cada 6 meses tendría un costo promedio de \$200 pesos), dado que el ahorro en un automóvil eléctrico, anteriormente mencionado es relativamente poco, pero grandes son los beneficios tanto ambientales como sociales, ya que actualmente México necesita de una política de transporte sostenible, basada principalmente en la promoción del transporte público, tanto de pasajeros como de mercancías, mejorando la eficiencia de los vehículos de combustión interna. Considerando que en el 2009 el número de vehículos que circulaban en el mundo era de 980 millones, el siguiente año se incrementó un 3.6%, lo que equivalió a 1,015,280 millones de vehículos de combustión interna circulando, mientras que proyecciones estiman que en 2030 habrá más de 1,500 millones.<sup>104</sup> El parque vehicular de México en 2009 estaba constituido de 28,403,669 automóviles de los cuales 19,470,920 eran vehículos particulares, 8,596,805 camiones y 335,940 autobuses. La antigüedad promedio del parque vehicular actualmente es de 15.24 años, lo que implica que la población mexicana potencializa el uso del automóvil prácticamente hasta que ya no pueda circular debido a las deficientes condiciones mecánicas.<sup>105</sup> La renovación bianual que sugieren los fabricantes de autos y autobuses se pospone hasta una década en el mercado mexicano, debido principalmente a los bajos ingresos salariales. Asimismo se puede añadir a lo anterior, la falta de cultura de la población mexicana en general para que la renovación de autos particulares y flotillas sea considerada como un factor de máxima importancia tanto para prevenir accidentes, así como para disminuir la grave contaminación ambiental producida por toda clase de automotores que utilizan principalmente combustibles fósiles.

En un futuro cercano la electrificación del transporte terrestre permitirá disminuir progresivamente el uso de los hidrocarburos<sup>106</sup> en los vehículos de combustión

---

<sup>104</sup> Wards Auto. Recuperado de

[<http://wardsauto.com/>]

<sup>105</sup> Parque Vehicular Mexicano en Crecimiento. (2009). Recuperado de

[[http://e-auto.com.mx/noticia\\_detalle.php?not\\_id=31](http://e-auto.com.mx/noticia_detalle.php?not_id=31)]

<sup>106</sup> Compuesto resultante de la combinación del carbono con el hidrógeno.

[<http://www.rae.es/rae.html>]

interna. La escasez de alternativas viables, ante el previsible y enorme crecimiento del parque vehicular en las próximas décadas, tras superarse la crisis económica actual, conducen sin duda a un callejón sin salida. El Automóvil eléctrico es una solución a futuro siempre y cuando la electricidad que se vaya a utilizar provenga de energías renovables, particularmente la eólica.

El transporte terrestre mediante energía eléctrica, permitirá disminuir la contaminación ambiental, estableciendo un nuevo sistema económico de producción, basado en la electricidad proveniente de fuentes renovables principalmente la eólica. Esta misma propuesta conviene aplicarla en todos los órdenes de la vida moderna: iluminación, confort, productos, servicios así como también en la movilidad motorizada. Los mexicanos debemos plantear la conversión de un transporte terrestre basado actualmente en el uso intensivo y extensivo de combustibles fósiles hacia a la electrificación del mismo, con energía proveniente de fuentes renovables principalmente la eólica.

Una de las razones principales para disminuir el consumo de combustibles fósiles es la inseguridad del abastecimiento del petróleo,<sup>107</sup> puesto que el 95% de la energía consumida en el transporte proviene del petróleo,<sup>108</sup> lo anterior ha incidido directamente en el incremento continuo de los precios de los combustibles fósiles, afectando directamente a los países importadores de los mismos, al incrementar notablemente tanto su déficit comercial como sus índices inflacionarios, por lo que se reduce en proporciones elevadas su actividad económica en general. Lo anterior provocara un exponencial aumento en las tensiones internas de los países consumidores así como un incremento directo e indirecto de conflictos militares por el suministro de los combustibles fósiles a bajo precio.

---

<sup>107</sup> El cenit del petróleo, un elemento fundamental de la crisis energética global. Recuperado el 08 de noviembre de 2011.

[[http://loff.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20\\_2\\_.pdf](http://loff.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20_2_.pdf)]

<sup>108</sup> Cumbre de Johannesburgo. (2002). *Cumbre Mundial sobre el desarrollo Sostenible*. Recuperado de. [<http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/medios/carpeta/energia.htm>]

El transporte terrestre actual es una amenaza para el medio ambiente debido a su elevada dependencia a los combustibles fósiles, por lo que es necesario utilizar vehículos a base de electricidad.

Una de las políticas más viables para estabilizar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de lluvia ácida generada principalmente por los automóviles de combustión interna es emplear vehículos eléctricos, siempre y cuando la electricidad provenga en gran parte de energías renovables. Los análisis hechos a los automóviles eléctricos, han demostrado que la electricidad generada mediante energías renovables para recargar las baterías emite de un 11 a 35% menos de CO<sub>2</sub> que los vehículos de combustión interna.<sup>109</sup>

Para utilizar el transporte a base de electricidad se requiere implementar y aplicar medidas que hagan posible la extensión de su uso masivo, lo anterior puede llevarse a cabo mediante deducciones fiscales efectivas en la compra de vehículos eléctricos así como estimular fiscalmente a empresas desarrolladoras de infraestructura para los vehículos eléctricos como pueden ser puntos de recarga, estaciones de cambio de baterías entre otros. Además se requiere de leyes, reglamentos y normas que regulen, flexibilicen e innoven a corto, mediano y largo plazo toda la infraestructura mencionada anteriormente. El incremento en el número de vehículos eléctricos que se utilicen en todas las actividades productivas individuales, grupales y colectivas será benéfico a nivel global, principalmente en los aspectos económicos, ambientales, sociales y culturales. De forma similar el impulso a la producción de energía eléctrica a partir de las energías renovables, requiere de un importante apoyo inicial así como la colaboración en todos los campos productivos y económicos tanto del sector público como del privado.

El motor eléctrico es cuatro veces más eficiente que el motor de combustión interna, sin embargo uno de sus puntos débiles en los niveles de aceptación entre los consumidores de este tipo de automóviles, es el referido a la recarga de las baterías, las cuales duran poco, limitando enormemente la autonomía de los

---

<sup>109</sup> Coche eléctrico frente al convencional..... mejor ven en metro. (2009). Recuperado de [\[http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/04/21/116803\]](http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/04/21/116803)

automóviles eléctricos, siendo necesario y urgente desarrollar diferentes tipos de baterías que incrementen sustancialmente su duración y autonomía, sin que lo anterior implique que los costos de recarga aumenten de forma significativa. Las soluciones propuestas van desde vehículos híbridos hasta los totalmente eléctricos. Las empresas automotrices han implementado modelos, para que a partir de 2012 el automóvil eléctrico entrara de forma masiva en el mercado automotriz a nivel global, pero debido a la gravedad de la crisis económica actual en los países desarrollados, las empresas automotrices como Ford, General Motors, Volkswagen, Toyota, Honda entre otras, han retrasado los planes iniciales de producción en serie así como de lanzamiento al mercado por lo menos diez años a partir de la fecha actual. En Estados Unidos el presidente Barack Obama ha impulsado el uso de automóviles eléctricos, esperando que en el 2015 haya al menos un millón de vehículos eléctricos circulando.<sup>110</sup>

Los vehículos de combustión interna han mantenido una hegemonía casi absoluta desde hace más de un siglo, la cual conservaran al menos por unos decenios mas, debido principalmente a que los automóviles de combustión interna superan a los eléctricos en tres cuestiones que son fundamentales para los consumidores:

- a) Mayor autonomía
- b) El tiempo de recarga de la batería
- c) El costo del vehículo eléctrico (el precio del automóvil depende del tipo de batería utilizada)

Un hecho evidente es que la gasolina proporciona mayor densidad energética y flexibilidad que la más avanzada de las baterías, siendo de 13 kWh/kg en la gasolina (8.9 kWh por litro) frente a 0.16 kWh/kg de la última generación de baterías de iones de litio.<sup>111</sup> La mayor densidad energética de los hidrocarburos garantiza mayor autonomía, aun y cuando sea mayor la ineficiencia de conversión de la energía química almacenada en kilómetros recorridos; aparte se debe considerar

---

<sup>110</sup>Obama quiere un millón de coches eléctricos para el 2015. (2009). Recuperado de [\[http://www.ecologiaverde.com/obama-quiere-un-millon-de-coches-electricos-para-el-2015/\]](http://www.ecologiaverde.com/obama-quiere-un-millon-de-coches-electricos-para-el-2015/)

<sup>111</sup> Vehículo eléctrico: las baterías y la red. (2011). Recuperado de [\[http://www.otromundoesposible.net/tecnologia/vehiculo-electrico-las-baterias-y-la-red/\]](http://www.otromundoesposible.net/tecnologia/vehiculo-electrico-las-baterias-y-la-red/)

que solo se requieren de unos cuantos minutos para llenar el depósito, frente a las horas necesarias para recargar los vehículos eléctricos, debiéndose considerar aparte toda una infraestructura inherente a cualquier estación de servicio de gasolina que se encuentre a lo largo y ancho de la red carretera del país, frente a la notable ausencia de estaciones de recarga para el caso de los vehículos eléctricos.

Para algunos sectores de la sociedad uno de los problemas que presenta el automóvil eléctrico, son las enormes dificultades que se presentaran en la electrificación de ciudades y carreteras para incrementar notablemente los puntos de recarga para el automóvil eléctrico así como el consecuente aumento en la generación de electricidad por métodos convencionales. Lo cierto es que los obstáculos serán mínimos, sobre todo si se tiene en cuenta que la electrificación será paulatina, iniciando con un porcentaje mínimo, la cual aumentara progresivamente, a medida que vaya incrementándose el parque vehicular eléctrico en México y el mundo.

En la Ciudad de México, a partir del mes de septiembre del 2011 se implemento el proyecto para utilizar vehículos eléctricos de servicio público (taxis) con un centro de recarga único, el cual aumenta la duración de su batería así como la autonomía de recorrido. El abastecimiento del mismo será por medio de energía eléctrica generada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), considerando además que una parte de la electricidad producida se obtiene por medio de celdas fotovoltaicas, las cuales estarán localizadas en el punto de recarga de los taxis eléctricos cuya estación se encuentra en la calle República de Brasil, esquina con República de Guatemala, en el Centro Histórico. La estación tendrá una capacidad para recargar el vehículo entre cuatro y ocho horas. Serán en total 100 vehículos eléctricos, los cuales estarán ubicados en el Centro Histórico de la Ciudad de México. El propósito principal para utilizar este tipo de automóviles es disminuir progresivamente las emisiones del CO<sub>2</sub>, generadas por el uso de vehículos de combustión interna. La ventaja de los taxis eléctricos es que solo necesitan de una carga para recorrer 160 Km a una velocidad de 40 km/h con un costo de recarga de \$ 0.23 pesos kW/h, evitándose la emisión de 5 toneladas de CO<sub>2</sub> cada año de circulación. Además se



propone que para incentivar el uso del automóvil eléctrico, que éstos no paguen la tenencia vehicular ni tendrán que hacer la verificación respectiva, librándose del pago de ambos impuestos así como el establecimiento permanente de planes de financiamiento sumamente flexibles.<sup>112</sup>

Otro proyecto llevado a cabo en 2009 por Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la iniciativa privada, fue la de presentar un taxis Cero Emisiones, completamente eléctrico. El automóvil eléctrico funciona con 12 baterías de plomo ácido. El tiempo de recarga al 100%, dura menos de tres horas utilizando un enchufe normal de corriente eléctrica. Su precio es de \$240 mil pesos, estimándose que generará un ahorro de 110 mil pesos en los primeros cinco años de servicio. El vehículo podrá circular hasta 54 Km con una sola recarga, a una velocidad máxima de 95km/h.<sup>113</sup>

Si se promoviera el uso del automóvil eléctrico en México, el consumo de electricidad aumentaría, pero se debe tomar en cuenta que las centrales de generación de energía y la red eléctrica del país están diseñadas para cubrir la demanda en horas pico durante el día.

En realidad los impedimentos, son más psicológicos que tecnológicos, dado que los vehículos eléctricos necesitan de una sola carga para recorrer 100 Km. La percepción de seguridad para la compra de automóviles eléctricos se incrementaría notablemente, estableciendo puntos de recarga en calles o cocheras que hicieran posible la recarga de las baterías en minutos y no en horas como actualmente sucede. Así como también establecer estaciones de servicio de recambio de batería, donde rápidamente se cambiaría la batería descargada por otra recargada o utilizando un pequeño aerogenerador llamado MiniTurbi capaz de generar electricidad que contribuya a la recarga de las baterías, aprovechando la incidencia del viento en el automóvil. Lo anterior permitirá reducir enormemente la dependencia de utilizar un punto de recarga o el cambiar las baterías. Este producto reducirá la generación de electricidad convencional, además ayudara a los

---

<sup>112</sup> Shaila Rosagel. (2011). *Habemus taxis eléctricos*. Recuperado de [\[http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/09/28/habemus-taxis-electricos\]](http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/09/28/habemus-taxis-electricos)

<sup>113</sup> Pantoja Sara. (2009). Lanza taxi eléctrico diseñado en México. *El universal.mx*. Recuperado de [\[http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/96705.html\]](http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/96705.html)

conductores de no preocuparse por recargar las baterías en trayectos largos en los cuales no haya estaciones de recarga o de intercambio de baterías.

El MiniTurbi tiene como objetivo principal el eliminar las barreras psicológicas y tecnológicas de los vehículos eléctricos, entre las cuales se pueden mencionar:

- a) El costo de recargar de las baterías
- b) El temor de los conductores de automóviles eléctricos de quedarse sin energía eléctrica en lugares dónde no cuenten con algún punto de recarga (enchufes)

La electricidad del MiniTurbi es de menor costo, comparado con la recarga convencional, por lo que la preocupación de los automovilistas de vehículos eléctricos será mínima ya que el MiniTurbi utiliza la energía eólica que choca en el automóvil para generar electricidad.

Un automóvil compacto en México cuesta alrededor de \$80 mil a \$200 mil pesos,<sup>114</sup> considerando 12 años de vida promedio, tendrá un consumo total de 30 mil litros de combustible, con un costo final de \$300 mil a \$350 mil pesos (dependiendo del país y el precio del combustible). Lo anterior nos indica que el combustible cuesta el triple que el precio de venta del vehículo de combustión interna, sin embargo comparándolo con el automóvil eléctrico de menor costo en el mundo de nombre Zilent<sup>115</sup> fabricado en China y con una velocidad máxima de 60km/h, el cual tiene un precio de venta de \$80 mil pesos, añadiendo un costo de \$20 mil de la electricidad consumida en toda la vida del automóvil, dando un total de \$100 mil pesos, lo que equivaldría únicamente a un tercio del costo del combustible consumido por un automóvil de combustión interna a lo largo de su vida útil. El automóvil eléctrico tendría mayores ventajas económicas y ambientales, si al recargar las baterías del mismo se utilizara electricidad generada por medios eólico o de otras energías renovables, en tanto que el automóvil de combustión interna se

---

<sup>114</sup> El universal. (2011). *Los 10 coches más baratos de México*. Recuperado de [\[http://www.vanguardia.com.mx/los10cochesmasbaratosdemexico-720080.html\]](http://www.vanguardia.com.mx/los10cochesmasbaratosdemexico-720080.html)

<sup>115</sup> Ya está aquí el auto eléctrico barato. (2009). *Revista del Consumidor*. Recuperado de [\[http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=1795\]](http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=1795)

enfrentara a un futuro incierto debido al continuo incremento en el precio de los hidrocarburos así como por la crisis económica actual, lo anterior lo podemos corroborar con el incremento del precio de la gasolina de 2000 a finales del 2011 al pasar de \$5.27 a \$9.64.<sup>116</sup> Aunado a lo anterior crece enormemente la posibilidad de que en un máximo de dos años a partir del presente, para que los gobiernos en todo el mundo, ante la grave crisis económica en la que se encuentran, puedan allegarse de recursos monetarios, estableciendo un impuesto progresivo sobre la emisión de toneladas totales anuales de CO<sub>2</sub> que los automóviles de combustión interna tendrán que pagar. Lo anterior acelerara la necesidad de que la industria automotriz global establezca nuevas líneas de producción, enfocándose principalmente a la reingeniería del diseño y montaje de automóviles eléctricos, acelerando gradualmente el desuso de hidrocarburos del parque vehicular global, teniendo como base la electrificación del mismo, a partir del uso de energía eléctrica generada por medios eólicos.

En la actualidad los combustibles fósiles son sumamente más flexibles para adaptarse a la demanda del autotransporte, debido a que tienen la infraestructura necesaria para producir y distribuir gasolina y diesel fácilmente, a diferencia de la red eléctrica, ya que el automóvil eléctrico aumentaría la demanda de la electricidad en cada hogar mexicano que posea el vehículo eléctrico, pero si la producción de energía eléctrica se generara por medios eólicos disminuiría la producción de electricidad por medios convencionales. Un grave problema de la energía eólica que escapa al control de las empresas productoras o de las que gestionan la red (lo mismo sucede con otras energías renovables), es que dependen del viento, el cual no puede controlarse su flujo por el ser humano.

Un parque vehicular con un millón de vehículos eléctricos que recorriesen 19,000 km al año consumiría 3 TWh al año. Un vehículo eléctrico medio consume un promedio de 14 kWh por cada 100 km (los consumos oscilan desde 10 hasta 20 kWh por cada 100 km) un coche que recorra unos 15,000 Km al año consumiría

---

<sup>116</sup> Botello Aguirre Manuel. (2005- A la fecha). Comparación del precio de la gasolina, México-USA1938-2011. Recuperado de [\[http://www.mexicomaxico.org/Voto/GasolMexUSA.htm\]](http://www.mexicomaxico.org/Voto/GasolMexUSA.htm)

210,000 kWh, <sup>117</sup> equiparable al consumo doméstico medio en España (2011). Evidentemente el cuello de botella está en la capacidad de carga de las propias baterías, aunque en principio parece viable la carga de unos 5-7 kWh durante la noche utilizando un enchufe casero, lo cual sería suficiente para el recorrido diario del vehículo eléctrico.

La carga de los vehículos eléctricos podría hacerse durante las tardes en los estacionamientos de los edificios de oficinas donde se ubican los vehículos, pero al incrementarse miles de veces la demanda, la capacidad de las redes eléctrica quedaría sobrepasada, por lo que es necesario incrementar las cargas inicialmente previstas haciendo uso de las redes eléctricas inteligentes.

En el futuro, además de aumentar la demanda de electricidad, el vehículo eléctrico también podría suministrar electricidad y tomando el ejemplo anterior, podría disminuir la carga suministrada por el sistema eléctrico.

Todo ello va a producir importantes cambios en los modos de gestión del sistema eléctrico nacional, tanto por lo que respecta al transporte como a la distribución de electricidad, incorporando las formas de generación por medios renovables como son, centros de recarga, la operación de las centrales para satisfacer la demanda eléctrica y el seguimiento de esta permitirá a los gobiernos en el mundo especialmente en México, incorporar un parque vehicular eléctrico que mejore las condiciones de vida de los seres humanos.

---

<sup>117</sup> La energía eólica abastecerá al futuro parque de vehículos. (2009). Recuperado de [[http://www.evwind.es/noticias.php?id\\_not=107](http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=107)]

# **Capítulo VI**

## **Producción**

## **6 Manufactura del MiniTurbi**

El proyecto del MiniTurbi utiliza las nuevas tecnologías pues es diseñado mediante programas CAD, manufacturado y analizado con software CAM/CAE, los cuales reducirán drásticamente el tiempo y los costos de producción.

### **6.1 Nuevas tecnologías**

Las diferentes herramientas de la computadora como son los programas (software), que hacen posible la realización de tareas específicas, están en constante evolución y han jugado un papel fundamental en el desarrollo de nuevos productos. Anteriormente era casi imposible lograr conciliar la cantidad y calidad suficientes de un producto sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.

Hoy, los beneficios de las nuevas tecnologías son múltiples, y permiten desarrollar objetos totalmente nuevos con mejor calidad y a menor costo. Con el uso de nuevas tecnologías como los programas CAM (Manufactura asistida por computadora), se ha logrado obtener ventajas en el diseño del MiniTurbi, ya que, es posible observar un proceso de producción de forma simulada, reduciendo considerablemente el tiempo y los costos, incrementando sustancialmente la competitividad laboral e industrial. Lo anterior permite colocar al producto de manera exitosa, en el mercado nacional o internacional. Para utilizar este tipo de tecnología necesitamos de herramientas como los programas: Diseño Asistido por computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM), para realizar, adecuada y eficazmente, el diseño, la ingeniería y la manufactura del prototipo del MiniTurbi de forma rápida e inmediata.

Es en el diseño industrial donde el uso de los programas CAD (Diseño Asistido por Computadora) tienen importancia relevante, para resolver necesidades del ser humano. El CAD proporciona a los diseñadores múltiples herramientas informáticas, para aplicarlas en las actividades habituales de la profesión como: bocetar, modelar en 2D y 3D, elaborar planos y renderizados entre otras actividades. Con el CAE los modelos pueden ser sometidos a diferentes cargas para comprobar su resistencia a distintas fuerzas que actúan sobre él. Los programas CAD/CAM ayudan a resolver dificultades inherentes al diseño, facilitando enormemente la construcción rápida del prototipo.

Debido a las ventajas que presenta, se suele combinar el diseño, la fabricación y la ingeniería asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM, esto permite la transferencia de información desde la etapa del diseño, hasta la de planificación para fabricar un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas de inspecciones automatizadas a fin de lograr establecer la calidad del producto.

Con los programas CAM se puede realizar la simulación de la inyección de plásticos, verificar el diseño y hacer modificaciones si es necesario, para conseguir un producto óptimo.

Las ventajas de estos sistemas es que permiten reducir el tiempo en el desarrollo y la producción, lo que facilita la manufactura del producto y evita cambios cuando éste ya fue elaborado.

Existe una evolución rápida y constante de los sistemas CAD/CAM lo que hace casi imposible mantenerse al día, tanto en su conocimiento como en su aplicación.

El modelo del MiniTurbi generado en CAD, permite enviar los archivos de las diferentes piezas a los programas CAM (Manufactura Asistida por Computadora).

A través de éste último se aprovechan los modelos 3D generados en CAD, para simular una inyección de plásticos.

Las ventajas que se pueden mencionar al obtener, de manera rápida, una simulación tridimensional del prototipo MiniTurbi, es la de evitar la producción de costosos prototipos además de incrementar la calidad de la pieza desarrollada, lo cual genera ahorros considerables en tiempo, dinero y esfuerzo.

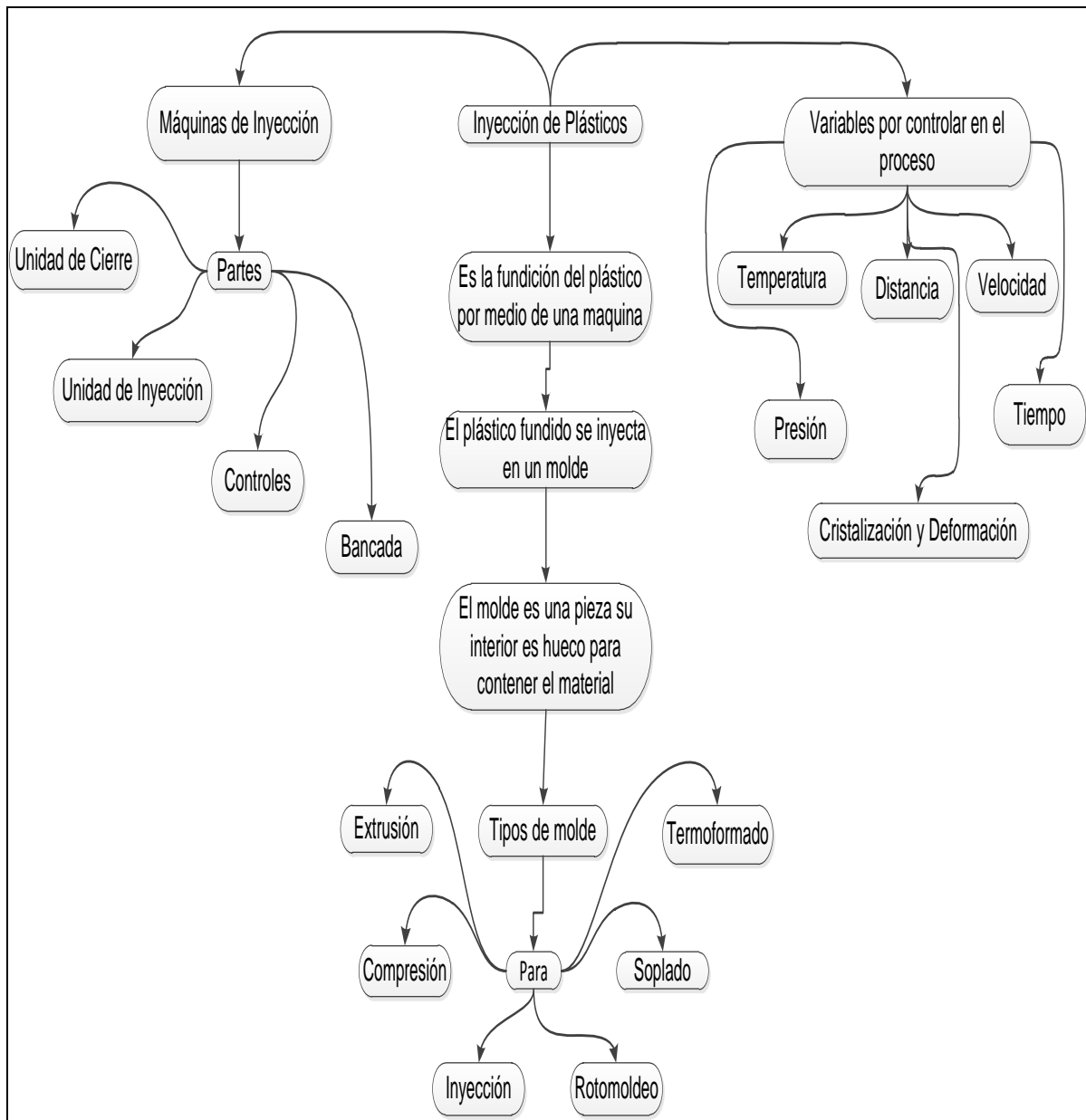
Los modelos simulados por el CAM son útiles para observar la estética y forma del producto, así como también, para lograr cumplir con buena parte de los requerimientos mecánicos que tendría la pieza en definitiva, en este caso, ofrece la posibilidad de realizar pruebas funcionales previas e incluso de homologación.

Los programas CAM, tardan minutos en simular la inyección de plásticos dependiendo del software que se utilice, así como del tamaño y número de piezas. Otro punto a favor de estos programas es que, evitan regresar a métodos utilizados hace dos décadas, en los cuales se tardaban meses para desarrollar y obtener un producto.

## **6.2 Inyección de plásticos**

La inyección de plásticos es un proceso mediante el cual se funde el plástico y es inyectado en un molde específico, para obtener piezas o partes de un prototipo (Figura 43).





**Figura 43.** Inyección de plásticos<sup>118</sup>

### Proceso de inyección de plásticos

La inyección es un conjunto ordenado de pasos que se llevan a cabo para transformar el plástico, el procedimiento es difícil por el número de variables que se deben controlar; sin embargo, gran cantidad de compañías e industrias utilizan este

<sup>118</sup> Yustos, Lorenzo Héctor. (2008). *Aplicación de nuevas tecnologías en la realización de herramientas para moldes de inyección de termoplásticos*. Tesis Doctoral. España. 443pp. Recuperado el 23 de mayo de 2011.  
[http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR\\_LORENZO\\_YUSTOS.pdf](http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR_LORENZO_YUSTOS.pdf)

proceso para fabricar productos complejos, ya sea por las formas que pueden adoptar o la precisión de sus moldes. Se pueden producir piezas pequeñas de fracción de gramos, o bien piezas grandes de hasta 150 kg.

El proceso de inyección de plásticos es discontinuo,<sup>119</sup> generalmente, lo realiza una sola máquina denominada “inyectora” con su correspondiente equipo auxiliar y periférico. La inyección consiste básicamente en:

1. Plastificar y homogeneizar, con ayuda de calor, el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y que entrará por la garganta del cilindro.
2. Inyectar en las cavidades del molde, el material fundido por medio de presión, éste tomará la forma o figura que tenga aquél.
3. Cuando el plástico se enfría dentro del molde, éste se abre y expulsa la pieza moldeada.

La inyección de termoplásticos es un proceso físico, que consiste en fundir el material por el efecto del calor. El termoplástico ya fundido se inyecta dentro de las cavidades de un molde a determinada presión, velocidad y temperatura. Después de cierto tiempo, el material al mismo tiempo que pierde calor, paulatinamente se va solidificando y se acomoda en las partes huecas del molde donde se ha alojado. El resultado es un termoplástico sólido, con las formas y dimensiones similares a esas partes huecas del molde. Este material sólido se conoce como inyectado. El molde se fabrica de acuerdo a forma y tamaño de las piezas que se quieren obtener.

Un molde es una pieza, o conjunto de piezas acopladas, con la forma del objeto que se desea producir interiormente es hueco y contiene un material fácilmente fundible (plástico, termoplástico, cera, metal). Al solidificarse el material, adquiere la forma del molde. Una vez que se extrae la pieza moldeada, se procede a corregir las posibles imperfecciones de las zonas de acoplamiento.

---

<sup>119</sup> Yustos, Lorenzo Héctor. (2008). *Aplicación de nuevas tecnologías en la realización de herramientas para moldes de inyección de termoplásticos*. Los procesos discontinuos son: la inyección, el soplado, el termo conformado, el rotomoldeo y el moldeo por compresión.

El principal propósito del molde es alojar el plástico fundido que manda la máquina inyectora y contenerlo hasta que se enfríe dándole la forma deseada. Una vez solidificado se debe extraer. Los materiales que se usan para fabricar los moldes son el hierro y el acero con diferentes características.

Los moldes son costosos, su precio está constituido por los siguientes porcentajes:

- 20% por el material empleado.
- 20% por el concepto de diseño y revisiones técnicas.
- 60% por la mano de obra en el taller.

El tiempo que lleva elaborar un molde, desde el diseño hasta que sea de calidad aceptable, dependerá de la complejidad del mismo, pero generalmente, oscila entre dos y cinco meses. Existen diversos tipos de molde:<sup>120</sup>

1. Molde para inyección: en un molde frío y cerrado a presión y a través de un orificio pequeño llamado compuerta, se inyecta el polímero o cerámico fundido.
2. Molde para extrusión: se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz, tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta a la medida adecuada.
3. Molde para termoconformado: el material se calienta para reblandecerlo y deformarlo (por efecto de gas a presión, de vacío o de émbolo) para que adopte la forma de un molde de única cara (en principio).

---

<sup>120</sup> Yustos Lorenzo Héctor. *Op. cit.* Recuperado el 23 de mayo de 2011.  
[[http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR\\_LORENZO\\_YUSTOS.pdf](http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR_LORENZO_YUSTOS.pdf)]

4. Molde de rotomoldeo o rotacional: se pesa una cantidad de resina y se coloca en el molde, éste es sometido al proceso de calentamiento, ya sea en un horno de convección de aire o mediante un sistema de flama abierta. Durante el calentamiento el molde es rotado biaxialmente en un eje principal y un eje secundario o mediante un sistema de rotación y basculado. La resina se funde al contacto con el molde caliente y cubre toda la superficie interna del mismo.

5. Molde para soplado: se utiliza para fabricar piezas de plástico huecas, gracias a la expansión del material. Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado del largo que se desea. Posteriormente, el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y se suprime su parte inferior, cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde debe ser enfriado para el fraguado.

6. Molde por compresión: el material es introducido en un molde abierto al que se le aplica presión para que el material adopte su forma. El calor hace que el material tenga una reacción química y forme una red o retícula<sup>121</sup> y se adapte a la forma deseada.

Los diferentes tipos de moldes tienen características particulares y se utilizan para diferentes procesos.

Es indispensable que el moldeo para inyección, tenga buenas cualidades, una elaboración precisa y posea resistencia aceptable. El diseño de las piezas y el diseño del molde son los dos procesos más importantes para fabricar productos por inyección. La tarea principal del molde de inyección es recibir y distribuir el material

---

<sup>121</sup> Reacción química por la que los polímeros se unen en cadenas tridimensionalmente formando una especie de red. Tras esta reacción, las propiedades químicas del polímero inicial cambian.  
[<http://propol.wordpress.com/2008/12/17/que-es-la-reticulacion/>]

plástico o termoplástico fundido, para ser formado, enfriado y expulsado. En el proceso de inyección los elementos esenciales son:<sup>122</sup>

1. El material (Plástico o termoplástico)
2. El molde
- 3.- La máquina de inyección
4. Los periféricos son elementos añadidos al proceso de inyección, pueden repercutir sobre el funcionamiento continuo del proceso o sobre la calidad de la pieza. Los periféricos conocidos son:
  - a) La estufa de secado del material
  - b) El atemperador del molde
  - c) El manipulador de extracción de piezas
  - d) El regulador exterior de cámaras calientes del molde entre otros

La primera máquina de moldeo fue patentada en 1872, pero debido a su inflamabilidad y elevada peligrosidad no tuvo éxito. En Alemania durante 1920, se fabricó una máquina que inyectaba materiales como termoplásticos para fabricar piezas, la cual era accionada manualmente. En el anterior país en 1927, se desarrolló una máquina movida por cilindros neumáticos, la cuál no tuvo mayor impacto. Entre 1930 y 1940 debido a los descubrimientos del poliestireno y del acrílico, las máquinas de inyección retomaron gran importancia. Después de las máquinas manuales se fabricaron las hidráulicas, éstas eran sencillas de operar, no tenían un elevado costo y ocupaban poco espacio. Actualmente, las máquinas son automatizadas por lo que no requieren del manejo de un operario todo el tiempo.

Las partes que conforman a las máquinas de inyección son:

1. La unidad de cierre: conocida como unidad de cierre del molde (se forma de una parte móvil y otra fija). Es el componente de las máquinas que

---

<sup>122</sup> Yustos, Lorenzo Héctor. *Ibídem*. Recuperado el 23 de mayo de 2011.  
[[http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR\\_LORENZO\\_YUSTOS.pdf](http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR_LORENZO_YUSTOS.pdf)]

sostienen el molde, efectúa el cierre y la apertura, generando la fuerza para mantenerla cerrada durante la fase de inyección y cuando se abre, expulsa la pieza moldeada. Existen diversos sistemas de cierre, los más conocidos son:

- a) Cierre por rodillera (simple o doble)
- b) Cierre por pistón (cierre directo)
- c) Cierre hidromecánico o pistón bloqueado

2. Unidad de inyección: es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección del material plástico al molde. Este material entra en la unidad de inyección en forma de *pellet*<sup>123</sup> o grano.

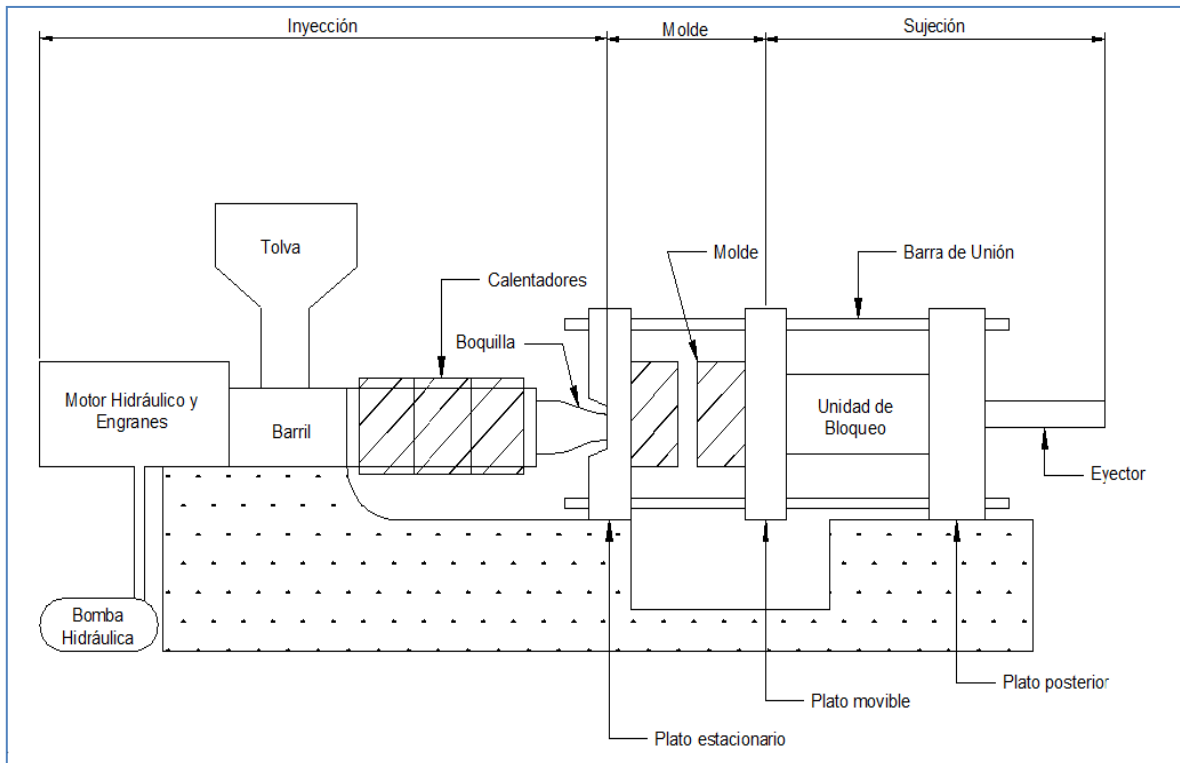
3. Controles: tablero electrónico que contiene los parámetros que se deben controlar en el proceso de la inyección.

4. Bancada Base de la máquina de inyección: sostiene la unidad de cierre, la unidad de plastificación o inyección, los controles y el sistema hidráulico de la máquina.

La mayoría de las máquinas inyectoras poseen las mismas partes, pero existen arreglos o modificaciones especiales como la de inyección horizontal (**Figura 44**) o la vertical.

---

<sup>123</sup>Son pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.



**Figura 44.** Máquina de inyección de plásticos<sup>xxxvii</sup>

Las variables que intervienen en el proceso de inyección son:<sup>124</sup>

1. Temperaturas: temperaturas del cilindro de plastificación y de la boquilla, se ajustan de acuerdo al material que se va a trabajar. La temperatura determinará las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo tanto, debe ser constante y uniforme ya que, controla la densidad y la contracción.
2. Velocidades. Existen cuatro tipos de velocidad:
  - a) La de cierre de molde: distancia recorrida en un tiempo determinado, por el plato móvil hasta ponerse en contacto con el plato fijo del molde. La velocidad de cierre del molde depende de la pieza que se va a moldear y consta de varias etapas: alta, media y baja velocidad, con el

<sup>xxxvii</sup> Máquina de inyección de plásticos. [<http://patentados.com/img/2000/maquinas-de-inyeccion-para-material-plastico-perfeccionada.png>]

<sup>124</sup> Yustos Lorenzo Héctor. *Ibidem*. Recuperado el 23 de mayo de 2011. [[http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR\\_LORENZO\\_YUSTOS.pdf](http://oa.upm.es/1877/1/HECTOR_LORENZO_YUSTOS.pdf)]

fin de evitar aceleraciones y frenados bruscos durante la fase de cerrado del plato móvil.

- b) La velocidad de apertura: es la distancia que recorre el plato móvil del molde hasta separarse del plato fijo o estacionario (**Figura 44**), dejando el espacio para expulsar la pieza. La velocidad de apertura del molde dependerá también de la pieza por moldear, pero, es contraria a la fase de cierre: baja, media y alta velocidad.
- c) Velocidad de plastificación: se controla según las revoluciones por minuto (rpm) del husillo o tornillo en el momento de la plastificación. Este tipo de velocidad dependerá de factores como:
  - i. Viscosidad del polímero
  - ii. Condiciones del molde
  - iii. Tamaño y número de puntos de entrada del material
  - iv. Tamaño de los canales o venas de alimentación del material
  - v. Salida de aire en el molde
  - vi. Temperatura de la masa fundida
  - vii. Temperatura del molde
  - viii. Acabado de la pieza

Si las piezas son delgadas requieren de velocidades altas, porque es necesario llenar el molde antes de que se solidifique el material. La velocidad de inyección elevada mejora el aspecto y la superficie de la pieza, presentando una apariencia brillante.

- d) Velocidad de expulsión: distancia recorrida por los expulsores en un tiempo determinado para botar la pieza moldeada.

### 3. Presiones:

- a) Primera presión de inyección: es la presión requerida para vencer las resistencias producidas durante la trayectoria del material fundido, desde el cilindro plastificado hasta el molde, la presión corresponde a la fase del llenado del molde. Se pretende ocupar de 90% a 95% de la



cavidad del molde, después terminará de llenarse la pieza con la segunda presión.

- b) Segunda presión de inyección: conocida como de sostenimiento o recalque, su objetivo es mantener bajo presión el material fundido que se solidifica contrayéndose en la cavidad del molde, su función es la de completar el llenado compensando la contracción, al introducir más material fundido al molde. Si se aplica demasiada presión se produce rebaba o una compactación, con lo que se origina que las piezas se peguen en el lado fijo.
- c) Contrapresión: es la oposición a que el husillo se mueva libremente hacia atrás cuando se está cargando. Durante la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto el husillo va girando hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el husillo que gira y tiene como función impedir el retorno de éste, mejorando la mezcla del material.
- d) Descompresión: distancia del husillo cuando retrocede para liberar la presión ejercida sobre el plástico, de tal manera que no escurra el material al momento de abrir el molde.
- e) Presión de expulsión: terminada la apertura del molde, la pieza debe ser separada de éste. Se logra a través de un mecanismo de expulsión, que requiere de una presión de botado activado durante toda la fase de expulsión.
- f) Presión de retorno expulsión: es la que está presente una vez que los botadores han expulsado la pieza.

#### 4. Distancia

- a) Distancia de dosificación y espesor del colchón: son las dosificaciones del material necesario para llenar todas las cavidades y la colada. La de colchón es la distancia que el husillo reserva para terminar de introducir el material al interior del molde

- b) Distancia de conmutación a segunda presión: son los milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de la primera a la segunda presión de inyección.
- c) Distancia de apertura de molde: es la distancia necesaria para abrir la parte móvil del molde, y que éste pueda expulsar la pieza.
- d) Distancia de expulsión: son los milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza inyectada, para que se pueda separar.

## 5. Tiempos

- a) Tiempos de inyección: lapso para llenar las cavidades del molde.
- b) Tiempo de pospresión: periodo en el cual permanece activa la segunda presión.
- c) Tiempo de plastificación: tiempo requerido para llevar a cabo la fusión del material, hasta que alcance un estado líquido viscoso.
- d) Tiempo de enfriamiento: periodo en el que se solidifica la pieza, acaba cuando el molde se abre para expulsarla.
- e) Tiempo de ciclo: es la suma de todos los tiempos antes mencionados, también llamada fuerza de cierre, ejercida ésta sobre el molde antes de inyectar. La presión de cierre llamada también de alta presión, empieza cuando es llenado el molde con material, que junto con la fuerza de cierre tienen consecuencias sobre el sistema de cierre.

6. Cristalización y deformación de las piezas al enfriarse (contracción): cada parte moldeada de la pieza sufrirá una contracción, que dependerá del termoplástico que se va a utilizar. El grado de cristalinidad afectará directamente la densidad final de la pieza. Las temperaturas del molde y el enfriamiento deben ser adecuadas para obtener partes de calidad.

Los polímeros para inyección tienen distintos valores de contracción, por lo que el diseñador de moldes debe solicitar al proveedor de polímeros, una hoja de parámetros técnicos para obtener un rango específico (**Tabla 16**):

Tipo de termoplástico	Contracción (%)
Acrilonitrilo butadieno estireno	0.4 – 0.8
Poliacetal	0.1 – 2.3
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0.2 – 0.7
Acetato de celulosa	0.5
Nylon 6,6	1.4 – 1.6
Policarbonato	0.6
Polietileno de baja densidad	4.0 – 4.5
Polipropileno	1.3 – 1.6
Poliestireno	0.4 – 0.7
PVC rígido	0.6 – 1.2
PVC plastificado	1.0 – 4.5

**Tabla 16.** Contracción de los termoplásticos

Fuente: Fuente: Téllez Salero, Salvador. *Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos*.

El proceso de inyección es complejo, la calidad de la pieza se ve afectada por diversos problemas que se solucionan<sup>125</sup> modificando los parámetros de la máquina.

Se ha utilizado el software “MoldFlow 2010” para simular la inyección de plásticos de las diferentes piezas que conforman el MiniTurbi, esto permite observar los problemas que puedan surgir en una verdadera inyección de plásticos, con esto se ahorra tanto en tiempo como en costos de producción de diversos moldes.

Antes de elaborar el molde, se ha simulado el llenado de las cavidades, haciendo uso de los parámetros del termoplástico con el que se va a realizar (Polipropileno copolímero). En las simulaciones se han utilizado las herramientas de la aplicación “Moldflow Plastics Advisers 2010”, el cual nos ha permitido determinar los siguientes parámetros.

- a) El mejor punto de inyección: muestra las zonas donde los puntos de inyección pueden ser colocados para obtener los mejores resultados, se basa en el análisis del grosor de la pieza en diferentes zonas y la facilidad que tendrá el flujo para llenar toda la pieza.

<sup>125</sup> Véase el anexo: Problemas y soluciones de la inyección de plásticos

- b) Tiempo de llenado del molde: muestra el tiempo de llenado de la pieza con los parámetros seleccionados, indica el tiempo óptimo de llenado para la pieza en cuestión.
- c) Confianza de llenado: señala si la pieza, en el proceso de inyección, se llenará completamente o no.
- d) Predicción de la calidad: indica la mayor o menor calidad superficial de la pieza con los parámetros seleccionados.
- e) Presión de inyección: se analiza la presión de inyección desde los puntos de entrada hasta el último punto de llenado (presión 0).
- f) Caída de presión: indica la pérdida de presión durante el proceso de inyección.
- g) Temperatura en el frente del flujo: se evalúa la reducción de temperatura del frente de flujo del material a lo largo del llenado de la pieza.
- h) Temperatura media: resalta las zonas de la pieza donde su temperatura será diferente de la temperatura promedio.
- i) Aire atrapado: muestra los puntos donde quedarán los gases atrapados.
- j) Líneas de soldadura: indica las posibles líneas de unión que aparecerán en la pieza.

Después de obtener las indicaciones sobre los diferentes parámetros de inyección de plásticos, para afrontar las primeras inyecciones en las cavidades del molde, se analizaron los resultados y se procedió a elaborar los moldes y a inyectar en ellos.

En las etapas de inyección se observó que los parámetros con los que se llegaban a obtener buenas piezas inyectadas, no diferían mucho de los indicados originalmente por los fabricantes. Se han realizado nuevas simulaciones para comprobar que los nuevos parámetros de inyección también daban simulaciones ideales.

La simulación permite observar las deformaciones que sufre el material flexible durante la inyección, debido al cierre del molde y a la presión a la que se inyecta el termoplástico, además se puede estudiar cómo influye esto en las dimensiones y formas de las piezas.

Se observó como el material flexible se degrada por dentro con el calor y el flujo del termoplástico. El uso de este software permitió el estudio de la viabilidad de las diferentes piezas.<sup>126</sup>

---

<sup>126</sup> Véase el anexo: Datos generales de las piezas para la simulación de la inyección de plásticos, Imágenes de la simulación de las piezas del MiniTurbi: la hélice, la carcasa y la tapa.

# **Capítulo VII**

## **Beneficios**

## **7. Beneficio del MiniTurbi**

A lo largo de esta tesis, se ha venido señalando la utilidad y conveniencia de usar el MiniTurbi para producir energía eléctrica limpia, es decir, como un protector del medio ambiente y aunque este aspecto es muy importante, existen otros dos rubros: el social y el estético, en los que son también muy claros los beneficios que aporta el dispositivo. Este capítulo centra su análisis, más específicamente en los beneficios que proporcionará el desarrollo de este proyecto.

### **7.1 Ambiental**

La energía eólica es considerada por diferentes organizaciones (AEI, OCDE, AMDEE, WWEA) como una energía limpia, sin embargo, el marco institucional y legal de México (la Ley del Medio Ambiente y la Ley General de Electricidad) establece que en todo proyecto se deberá realizar una evaluación ambiental previa al desarrollo, operación y mantenimiento del proyecto. El objetivo de estas consideraciones es señalar los impactos positivos y negativos sobre el medio ambiente, de manera tal, que puedan efectuarse las medidas apropiadas para reducir los impactos negativos. Se deben estudiar aspectos reversibles e irreversibles, directos e indirectos, inmediatos y de largo plazo y algunos impactos que puedan resultar accidentales.

Los impactos negativos del MiniTurbi serían:

- a) El uso de materiales dañinos para la fabricación de plásticos. Estos son relativamente inertes, los productos terminados no representan ningún peligro para los usuarios. Pero, se ha demostrado, que algunas de las sustancias que se utilizan para la elaboración de plásticos como los monómeros, pueden producir cáncer; ejemplo de esto, es el monómero de

estireno utilizado en la fabricación de resinas, poliestireno, poliéster, entre otros polímeros., por la anterior razón y debido a que es inflamable y reactivo, figura en la lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List). El monómero de estireno puede irritar la piel, causando sarpullido o sensación de ardor, así como también si se respira puede irritar tanto la nariz como la garganta. En elevados niveles causa mareos, sensaciones de desvanecimiento y desmayo, demostrándose además también que causa cáncer de pulmón en animales. La Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo (OSHA, por sus siglas en inglés Occupational Safety and Health Administration) ha emitido el PEL (Permissible Exposure Limit para el estireno), el cual fija un límite de exposición admisible en el aire de 100 partes por millón (ppm), como promedio durante un turno laboral de ocho horas, cuando es de 200 ppm la exposición no debe sobrepasar el periodo laboral de 15 minutos, si fuera de 600 ppm, el límite máximo de exposición debe ser sólo de cinco minutos durante un periodo laboral de tres horas. La exposición a 700 ppm constituye un peligro inmediato para la vida y la salud.<sup>127</sup> Los problemas de la industria del plástico son similares a los de la industria química en general.

- b) El alto costo para obtener plásticos biodegradables. La mayoría de los plásticos sintéticos no pueden ser degradados por el entorno, sin embargo, ya existen plásticos biodegradables pues investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), encabezados por Ángel Romo Uribe, doctor en Física e investigador del Instituto de Ciencias Físicas campus Morelos, están desarrollando plásticos biodegradables, compuestos de maíz y azúcares materiales que no contaminan. La investigación se lleva a cabo en el Laboratorio de Nanopolímeros y Coloides. Los polímeros que se utilizan son de origen orgánico como el maíz, la soya y elementos base como ADN y ARN, azúcares, proteínas y aminoácidos presentes en plantas y derivados

---

<sup>127</sup> Departamento de Salud y Servicio para Personas Mayores de New Jersey. (1998). Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas. Recuperado el 04 de noviembre de 2011 [<http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1748sp.pdf>]



como la madera y el algodón.<sup>128</sup> Se han encontrado bacterias, como la *Ralstonia eutropha*, que convierten directamente azúcares en un tipo de biopolímeros llamados PHA (*polihidroxi-alcanoatos*). La principal ventaja de estos biopolímeros es que su biodegradación es rápida, hasta de un 80% en sólo siete semanas, la desventaja es que el proceso de elaboración es costoso; se calcula que producir por fermentación bacteriana un kilogramo de PHA cuesta 15 dólares, mientras que hacer un kilogramo de plástico convencional cuesta sólo un dólar, esto se debe a que las bacterias requieren fuentes externas de alimento, como la celulosa. Otra forma de obtener plásticos biodegradables es la ingeniería genética. Por ejemplo, en el maíz transgénico se produce el polímero (PHA) y se almacena en las hojas y el tallo. Pero, este método presenta un problema debido a que durante el proceso de extracción y purificación del polímero, se utilizan grandes cantidades de solventes químicos (como la acetona) e hidrocarburos que aunque pueden ser recuperados y reutilizados, exceden en cantidad a los empleados por la industria petroquímica que elabora plástico.<sup>129</sup> La eliminación de los plásticos representa un problema ambiental, el método más práctico para solucionarlo es el reciclaje. Además, ya se están desarrollando soluciones complejas para el tratamiento de los plásticos que se encuentran mezclados con la basura.

Si el producto se planea fuera del contexto de la generación de energía eléctrica para el automóvil, deberá cumplir con ciertos requerimientos legales. Para conocerlos se realizó una investigación de los ordenamientos jurídicos pertinentes en este caso, y evitar así, trasgredir alguna ley que afecte a los potenciales consumidores del MiniTurbi. El marco regulatorio del sector eléctrico abarca los ordenamientos jurídicos y legales aplicables a las actividades de generación, conducción, distribución, abastecimiento, importación, exportación y transformación de energía eléctrica.

---

<sup>128</sup> UNAM crea plásticos biodegradables de maíz. (2010). *El Universal.mx*  
[<http://www.eluniversal.com.mx/articulos/57160.html>]

<sup>129</sup> Medina Tinoco, Roselia, *Plásticos biodegradables*. Recuperado el 28 de diciembre de 2011.  
[[http://www.cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos\\_biodegradables2005-CIENTEC.pdf](http://www.cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos_biodegradables2005-CIENTEC.pdf)]

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorga los permisos para la generación de electricidad y verifica los que ya están en operación, además, autoriza los proyectos nuevos, ya sean de producción independiente o de autoabastecimiento, por su capacidad instalada. Los principales ordenamientos legales, que regulan la prestación del servicio público de energía eléctrica son:<sup>130</sup>

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 25, 27 y 28)
2. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
3. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
4. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
5. Ley de la Comisión Reguladora de Energía
6. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
7. Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear
8. Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares
9. Ley del Sistema de Horario en los Estados Unidos Mexicanos
10. Ley Federal de las Entidades Paraestatales
11. Ley federal sobre Metrología y Normalización
12. Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
13. Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones
14. Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales
15. Reglamento de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización

Estructura del marco regulatorio del sector eléctrico:

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), publicada en 1975 y reformada por última vez en 1993, establece las disposiciones que regulan la generación, conducción, transformación, distribución y abastecimiento de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En la reforma de

---

<sup>130</sup> Secretaría de Energía (SENER). (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Recuperado el 17 de abril 2011. [\[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf\]](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf)

1993, se incorporaron las modalidades de: cogeneración, productor independiente, pequeña producción y exportación e importación de energía eléctrica.

El autoabastecimiento y la cogeneración representan diferentes áreas de oportunidad, mediante las cuales se pueden aprovechar capacidades aún no explotadas, como incrementar la eficiencia térmica de un proceso industrial, optimizar el uso de combustibles, reducir emisiones o garantizar estabilidad en frecuencia y voltaje.

La participación de la iniciativa privada en la generación de electricidad destinada a fines diversos del servicio público, puede permitir al Estado canalizar recursos hacia otras necesidades sociales y con ello, diferir la carga financiera que representa la rápida expansión del servicio público de energía eléctrica.

### **Normas oficiales mexicanas del sector eléctrico**

Las normas oficiales mexicanas en materia eléctrica son:<sup>131</sup>

1. NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (utilización): El objetivo es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, para que ofrezcan condiciones de seguridad adecuadas a las personas y sus propiedades y protección contra:
  - a) Choques eléctricos
  - b) Efectos térmicos
  - c) Sobre-corrientes
  - d) Corrientes de falla
  - e) Sobretensiones

---

<sup>131</sup> Secretaría de Energía (SENER). *Op. cit.*

El cumplimiento de la norma garantiza el uso de electricidad de forma segura.

2. NOM-002-SEDE-1999 Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución: Establece los requisitos que deben cumplir los transformadores de distribución para que sean seguros.

### **Normas oficiales mexicanas (NOM) en materia ecológica aplicables a la industria eléctrica**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ecológica, aplicadas al sector eléctrico, se refieren a los niveles máximos permitidos de emisión a la atmósfera (humos, partículas suspendidas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno). Estas normas establecen la regulación por zonas y por capacidad del equipo de combustión en fuentes fijas, que utilizan combustibles fósiles en estado sólido, líquido o gaseoso.

Las principales NOM que determinan la normatividad ecológica en la industria eléctrica son:

1. NOM-085-SEMARNAT-1994 Contaminación atmosférica-fuentes fijas: las fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, establecen los niveles máximos de emisión de humos a la atmósfera, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión.
2. NOM-001-SEMARNAT-1996: decreta los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en mantos acuíferos.
3. NOM-113-SEMARNAT-1998: especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución, que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

4. NOM-114-SEMARNAT-1998: establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica, distribución que se pretenda ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

México cuenta con 16 normas vigentes de eficiencia energética, éstas regulan los consumos de energía eléctrica de equipos y sistemas que ofrecen un potencial de ahorro además, de cuatro proyectos de normas en proceso de elaboración.

### **Efectos en el uso actual y potencial del sitio**

El lugar en el que se instalará el MiniTurbi, regularmente se utiliza para colocar dos accesorios del automóvil, cuya principal finalidad es estética, por lo que no afecta el rendimiento o actividad del automóvil.

En la realización del proyecto, no se considera ninguna modificación a la facia. Simplemente, se plantea la utilización de los huecos destinados para otros accesorios del automóvil, en este caso, los faros de niebla porque ese espacio tiene el tamaño adecuado para el producto.

### **Entorno biológico y ambiental**

Como ya se ha explicado, el artefacto proyectado se ubica en la facia del automóvil, situación que no provoca ningún cambio significativo en la biodiversidad, por lo que:

- a) No existe ningún daño perjudicial al automóvil.
- b) No existe daño a ninguna persona.
- c) No existe daño a las aves.
- d) No existe ningún ecosistema que pudiera considerarse sensible.
- e) No existe ruido.

## **7.2 Estético o visual**

El impacto visual en el automóvil, es un aspecto que necesariamente va a ser modificado con el desarrollo del proyecto, aunque los cambios no van a ser tan perceptibles pues se usará un hueco ya existente, destinado a los faros de niebla, por lo tanto, estéticamente el auto no va a sufrir ninguna transformación. Esto es importante, porque habrá determinados grupos de personas para las que resulte atractiva la visibilidad del aerogenerador, ya que esto mostraría la intención de cuidar la ecología a través del uso eficiente del viento así como de los beneficios consecuentes con la instalación y uso del artefacto, en tanto que otros grupos de entusiastas consumidores automotrices, sólo quieren obtener un vehículo tal y como sale a la venta, sin modificación alguna, por lo que estarán en desacuerdo con la mínima variación a la estética de su automóvil debido a la incorporación del MiniTurbi.

Sin embargo, el impacto visual, como ya se mencionó, no es considerado severo pues el diseño del producto permite que el dispositivo se mantenga oculto. Sus características son muy favorables para su aceptación, principalmente su tamaño, acorde al espacio ocupado por los faros de niebla y la protección con la que cuenta el MiniTurbi.

## **7.3 Impacto social**

La realización del MiniTurbi tiene un impacto positivo en la economía y en la sociedad, puesto que se utilizará mano de obra mexicana, calificada y no calificada, especialmente en la etapa de producción. También generará empleos permanentes para el personal responsable de la operación y el mantenimiento, del artefacto; esto redundará en una mejor calidad de vida para algunas familias mexicanas que se beneficiarán directa o indirectamente de la producción, mantenimiento, distribución y venta del MiniTurbi.

Se lograría un verdadero beneficio ambiental si se instalará el MiniTurbi a los automóviles de combustión interna, puesto que éstos requieren de diesel o gasolina

para su funcionamiento, lo que provoca un fuerte daño al medio ambiente por las emisiones que producen estos combustibles. Un vehículo de combustión interna necesita de 24 kWh para recorrer 100 km, dado que un litro de gasolina tiene 9.7 kWh de energía o 13 kWh por kilogramo en promedio (tomando en cuenta que hay diferentes tipos de gasolina), pero existen pérdidas en la combustión del motor, el cual es capaz de generar dos kWh de energía por cada litro de gasolina. Se plantea que para recorrer 100 km se necesitarían 10 litros de gasolina aproximadamente, dependiendo del tipo de automóvil, de la velocidad (frenadas o aceleraciones), del aire acondicionado, del peso del vehículo, etc.<sup>132</sup> Por ejemplo:

- a) Si la velocidad del automóvil es de 120 Km/h consume 8.25 litros cada 100 Km, pero si es de 110 Km/h consume 7.47 litros cada 100 Km.
- b) Una presión del neumático menor a la recomendada (2.90007psi), provoca un incremento en el consumo de combustible de uno a dos %.
- c) El alternador del automóvil de combustión interna requiere consumir gasolina para producir electricidad. Por lo que, para hacer funcionar el aire acondicionado necesitaría 0.7 litros de gasolina cada 100 km, mientras que el radio funcionaría con 0.2 litros cada 100 km.<sup>133</sup>

Si se afirma que las luces del automóvil consumen 0.052 litros de gasolina cada 100 km en promedio, para deducirlo se requiere conocer la densidad y el poder calorífico de la gasolina, las cuales no son magnitudes fijas sino que se mueven entre ciertos rangos, dentro de ellos se tomaron valores medios, obtenidos del “Automotive Handbook 2011” de Bosch: 0.75 kg/litro de densidad, y 42,700 kJ/kg de poder calorífico. El rendimiento energético de un motor es aún más variable pero, supongamos que por esos 120 km/h de media el automóvil tiene un rendimiento energético de 30%. Como lo indican los cálculos de abajo, si para recorrer 100 km a una velocidad de 120 km el tiempo es de tres mil segundos<sup>134</sup> y se requieren

<sup>132</sup> Granada Galli, Ricardo. (2011). *La energía y la conspiración contra el coche eléctrico*. Recuperado el 10 de diciembre de 2010.

[<http://gallir.wordpress.com/2010/09/21/la-energia-y-las-conspiracion-contra-el-coche-electrico/>]

<sup>133</sup> *Economía y eficiencia de combustibles en automóvil*. Recuperado el 10 de diciembre de 2010

[<http://wordp.relatividad.org/ciencia/economia-y-eficiencia-de-combustible-en-automoviles/>]

<sup>134</sup> Giancoli. (2006). *Fórmula de velocidad*. (20-23).

generar 24 kW de energía mecánica para mantener la velocidad media de 120 km/h en un automóvil de combustión interna. La energía mecánica<sup>135</sup> que tendrá que generar el motor será entonces de 72,000 kJ:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}; \text{ se despeja Tiempo}; \text{Tiempo} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}} = \frac{100 \text{ km}}{120 \text{ km/h}} \approx 0.83 \text{ h} \quad \text{Ecuación 7}$$

Si una hora tiene 3600 segundos entonces;

$$0.83 \text{ horas} \times 3600 \text{ s} \approx 3000 \text{ segundos}$$

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} = 24,000 \text{ W} \times 3,000 \text{ s} \approx 72,000 \text{ kJ}$$

Por lo que considerando la densidad energética de la gasolina y el rendimiento del motor, el consumo en litros de combustible es de 7.494 litros:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Poder Calórico de gasolina} \times \text{Rendimiento de Motor} \times \text{Densidad de gasolina}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\text{Consumo} = \frac{72,000 \text{ kJ}}{(42,700 \text{ kJ/kg} \times 0.30\% \times 0.75 \text{ kg/litro})} \approx 7.494 \text{ litros}$$

Para calcular el consumo asociado a la energía extra requerida por las luces durante esos 100 km son:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} = 150 \text{ W} \times 3000 \text{ s} \approx 450 \text{ kJ}$$

<sup>135</sup> Giancoli. (2006). *Fórmula de energía*. (141).



Para obtener el consumo de las luces se necesita saber el potencial de éstas, que es de 450 kJ, sólo hay que tener en cuenta además, el rendimiento de la instalación eléctrica, que puede estar sobre 90%:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Energía}}{\text{Poder Calorífico de gasolina} \times \text{Rendimiento de Motor} \times \text{Rendimiento eléctrico} \times \text{Densidad}}$$

$$\text{Consumo} = \frac{450 \text{ kJ}}{(42,700 \text{ kJ/kg} \times 0.30\% \times 0.90\% \times 0.75 \text{ kg/litro})} \approx 0.052 \text{ litros}$$

Con estos supuestos, los cálculos desarrollados son aproximados, con datos sujetos a grandes variaciones, y reflejan sólo una hipotética situación. Lo anterior indica que, las luces aumentarían el consumo de gasolina de 0.69% a 0.70%. Con menores velocidades el consumo de partida es menor y se tarda más tiempo en recorrer la misma distancia, por lo que el peso del consumo de las luces será algo mayor.

Un diesel de potencia moderada, con un consumo medio inferior, no cambiará mucho el panorama puesto que su ahorro proviene de un mayor rendimiento energético, la cual también repercutirá en un menor consumo de gasolina asociado a las luces.

El MiniTurbi reducirá el consumo de combustible, pues ayudará a generar la electricidad para los dispositivos electrónicos del automóvil, como el radio, el aire acondicionado, etc., además, recargará la batería del automóvil. El producto utilizará la energía proveniente del viento que choca en el vehículo, lo cual permite que el mecanismo del MiniTurbi genere la energía eléctrica y solo se logrará si la velocidad del automóvil es de 60 km/h.

Si los dos MiniTurbi son capaces de generar 113.64 watt durante 100 km, con una velocidad promedio de 60 km/h; entonces se sustituyen los valores de las operaciones anteriores y se obtiene como resultado 0.078 litros ahorrados durante 100 km:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}; \text{ se despeja Tiempo; } \text{Tiempo} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}} = \frac{100 \text{ km}}{60 \text{ km/h}} \approx 1.66 \text{ h}$$

Si una hora tiene 3,600 segundos entonces;

$$1.66 \text{ horas} \times 3,600 \text{ s} \approx 6,000 \text{ segundos}$$

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} = 113.64 \text{ w} \times 6,000 \text{ s} \approx 681 \text{ kJ}$$

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Energía}}{\text{Poder Calorífico de gasolina} \times \text{Rendimiento de Motor} \times \text{Rendimiento eléctrico} \times \text{Densidad}}$$

$$\text{Consumo} = \frac{340 \text{ kJ}}{(42,700 \text{ kJ/kg} \times 0.30\% \times 0.90\% \times 0.75 \text{ kg/litro})} \approx 0.078 \text{ litros}$$

El alternador es una parte importante del automóvil de combustión interna, debido a que es el encargado de generar la electricidad para el funcionamiento del vehículo. El alternador además recarga la batería. La corriente acumulada en la batería es utilizada cuando el motor está apagado, ya que el sistema de inyección de gasolina requiere de una bomba de gasolina eléctrica que trabaja con los 12 volts almacenados en la batería. El MiniTurbi además de disminuir la combustión realizada por los automóviles de combustión interna ayudará al medio ambiente en la reducción de gases contaminantes, los cuales contribuyen al calentamiento global.

El MiniTurbi presenta algunas desventajas por ejemplo, el auto necesita de una velocidad constante de 60 km/h para generar electricidad, por lo cual en lugares donde no es posible alcanzar esa velocidad, el rendimiento será nulo por parte del MiniTurbi, o cuando el automóvil esté parado no producirá electricidad alguna. Únicamente en lugares como carreteras o autopistas, el rendimiento será cercano al 100%. Dado que la velocidad requerida para que el dispositivo genere electricidad es de 60 km/h o superiores. Se planteó la idea de no utilizar engranes y sustituir el pequeño generador por uno más grande, el cual funcionaría mediante el movimiento transmitido directamente por la hélice, lo que permitirá que la velocidad

necesaria para mover el rotor sea de unos 30 km/h, posibilitando que el MiniTurbi funcione en otros lugares como en las calles, donde la velocidad sea menor a 40 km/h.

Con esta propuesta se disminuyen costos (\$) y peso (kg), además de que la longitud del MiniTurbi se reduce considerablemente de 26 a 15 cm incrementándose, sustancialmente el potencial eléctrico generado por el producto. Todo lo anterior está planteado desde la perspectiva de sostenibilidad del medio ambiente.<sup>136</sup>

La tecnología para la fabricación del MiniTurbi es avanzada y supera las expectativas originales; debido a que la realización de este proyecto no tiene ningún impacto negativo en el entorno ambiental, visual y social que no pueda ser mitigado, estableciendo medidas de prevención y manejo en la colocación del producto.

### **Beneficio ambiental de la energía acumulada**

Si el MiniTurbi se colocara en los automóviles de combustión interna la emisión de CO<sub>2</sub> disminuiría dado que cada litro de gasolina emite en promedio 2.4 kg de Bióxido de Carbono.<sup>137</sup> El MiniTurbi ayudaría a los vehículos de combustión interna que dejaran de producir 0.187 kg de CO<sub>2</sub>, debido a que la energía acumulada en las baterías proporcionada por el MiniTurbi durante los recorridos permitirían reducir la contaminación generada durante la combustión de 0.078 l de gasolina al encender el automóvil, dado que un vehículo de combustión interna consume en promedio 0.1 litros al prender el motor de este (dependiendo de la marca, modelo, año)

Si el MiniTurbi ayuda al automóvil a dejar de consumir 0.078 litros entonces el vehículo dejara de emitir 0.187 kg de CO<sub>2</sub> a la atmosfera cada 100 km:

$$\text{CO}_2 \text{ producido} = \frac{(0.078 \text{ l}) \times (2.4 \text{ kg de CO}_2)}{1 \text{ l}} \approx 0.187 \text{ kg de CO}_2$$

---

<sup>136</sup> Véase el anexo: Planos

<sup>137</sup> Educar. *Energía Alternativa*. Recuperado de [\[http://www.educ.ar/educar/energias-alternativas.html\]](http://www.educ.ar/educar/energias-alternativas.html)

Un automóvil recorre en promedio en un año 10 mil km, de acuerdo a la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), lo que equivale a 27.29, 139.95 y 821.7 km, en un día, cinco y 30 días respectivamente. Entonces si el MiniTurbi ayuda al automóvil de combustión interna a dejar de consumir 0.078 litros y esto es igual a 0.187 kg de CO<sub>2</sub> cada 100 km, por lo tanto el MiniTurbi evitara la emisión de 18.70 kg de CO<sub>2</sub> al año (**Tabla 17**).

$$\text{Km recorridos en un día} = \frac{10,000 \text{ km en un año}}{365 \text{ días}} \approx 27.39 \text{ km}$$

$$\text{CO}_2 \text{ sin emitir cada 100 km} = 0.187 \text{ kg de CO}_2$$

$$\text{Numero de Km} = \text{kg de CO}_2$$

100 km	Un día (27.39 km)	Cinco días (136.95 km)	30 días (821.7 km)	Un año (10,000 km)
0.187 kg de CO <sub>2</sub>	0.051 kg de CO <sub>2</sub>	0.256 kg de CO <sub>2</sub>	1.536 kg de CO <sub>2</sub>	18.70 kg de CO <sub>2</sub>

**Tabla 17.** Kilogramos de CO<sub>2</sub> no emitidos por un automóvil de combustión interna durante un día, semana, mes, año, si utilizara el MiniTurbi

Fuente: Aguirre, J. (2012).

Actualmente, el transporte terrestre es una amenaza para el cuidado del medio ambiente, debido a que su funcionamiento se basa en el uso de combustibles fósiles (petróleo y gas natural), los cuales al quemarse emiten gases de efecto invernadero que se asocian directamente al calentamiento global. Por ejemplo si en el parque vehicular de toda la Republica Mexicana se implementara el MiniTurbi, disminuirá significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que el parque vehicular de México en 2009 estaba constituido de 28,403,669 automóviles de los cuales 19,470,920 eran vehículos particulares, 8,596,805 camiones y 335,940 autobuses.<sup>138</sup>

Si el MiniTurbi ayuda al automóvil a dejar de emitir 18.70 kilogramos de CO<sub>2</sub> cada año a la atmósfera; al colocar el producto al transporte terrestre en México entonces se evitaría la emisión de 531 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año en promedio, que no serán arrojados a la atmosfera, lo anterior dependerá de factores del automotor como el año, modelo, la capacidad de la batería, entre otros (**Tabla 18**).

<sup>138</sup> Parque Vehicular Mexicano en Crecimiento. Op. cit.

Tipo de Vehículos	Cantidad de Vehículos	18.70 kg de CO <sub>2</sub> no generados en un año (10,000), si se implementara el MiniTurbi
Vehículos Particulares	19,470,920	364,106,204 kg de CO <sub>2</sub>
Camiones	8,596,805	160,760,253.5 kg de CO <sub>2</sub>
Autobuses	335,940	6,282,078 kg de CO <sub>2</sub>
Parque vehicular total (México)	28,403,669	531,148,610.3 kg de CO <sub>2</sub>

**Tabla 18.** Cantidad de kg de CO<sub>2</sub> no emitidos a la atmósfera terrestre, si se implementara el MiniTurbi en el parque vehicular de México (2009)

Fuente: Aguirre, J. (2012).

Si el MiniTurbi se colocara a todo el parque vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), el cual estaba constituido en el 2006 por 4,033,873 de unidades de diferente tipo; se dejarían de emitir 75 mil toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera (Tabla 18).<sup>139</sup>

Tipo de vehículo	Número de vehículos en 2006 (unidades)	18.70 kg de CO <sub>2</sub> no generados en un año (10,000), si se implementara el MiniTurbi
Autos Particulares	3,275,567	61,253,102.9 kg de CO <sub>2</sub>
Taxis	155,126	2,900,856.2 kg de CO <sub>2</sub>
Combis	31,418	587,516.6 kg de CO <sub>2</sub>
Microbuses	32,419	606,235.3 kg de CO <sub>2</sub>
Pick Up	105,761	1,977,730.7 kg de CO <sub>2</sub>
Vehículos < 3 ton	64,613	1,208,263.1 kg de CO <sub>2</sub>
Tractocamiones	86,324	1,614,258.8 kg de CO <sub>2</sub>
Autobuses	41,198	770,402.6 kg de CO <sub>2</sub>
Vehículos > 3 ton	61,368	1,147,581.6 kg de CO <sub>2</sub>
Motocicletas	180,079	3,367,477.3 kg de CO <sub>2</sub>
Total (ZMVM)	4,033,873	75,433,425.1 kg de CO <sub>2</sub>

**Tabla 19.** Cantidad de kg de CO<sub>2</sub> no emitidos por el parque vehicular de Zona Metropolitana del Valle de México (2006), si utilizara el MiniTurbi<sup>140</sup>

Fuente: Aguirre, J. (2012).

En México la camioneta Escape modelo 2011 ocupa el lugar 14 de los autos más vendido con 10,938 unidades, el precio del modelo 2012 oscila entre \$ 285,800 a \$ 386,800 pesos, por lo que si se coloca el MiniTurbi a las 10,938 camionetas Escape

<sup>139</sup> El Instituto de Aire Limpio. (2007). *Revisión Crítica de Información sobre el Proyecto de Restricción Vehicular Sabatina*. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Recuperado el 03 de junio de 2012. [<http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/revisioncritica.pdf>]

<sup>140</sup> Nota: La cantidad de CO<sub>2</sub> no emitido a la atmosfera durante 10 mil Km = Numero de vehículos x 18.70 kg de CO<sub>2</sub>.

modelo 2011 se dejaría de emitir 204,540.6 kg de CO<sub>2</sub> al año lo que equivale un poco mas de 204 toneladas de CO<sub>2</sub>.<sup>141</sup>

Además el MiniTurbi tendrá un ahorro monetario, ya que el producto evita el consumo de 0.078 litros/km, si lo multiplicamos por los 10,000 km que recorre en promedio un vehículo al año, se deja de consumir 7.80 litros de gasolina, si se multiplica por el precio actual de la gasolina que es de \$ 10.72 (12 de noviembre de 2012) se economiza \$ 83.61 pesos, en 5 años \$ 418.08 y en 10 años \$ 836.16 pesos, podemos escalar el ahorro en el consumo de gasolina con el precio último de esta, el ajuste mensual terminarían supuestamente en diciembre de 2014, con un ahorro a 10 años de \$101,166 tal y como lo indica la tabla 20.

Precio de la gasolina en México de 2014	1 año	5 años	10 años
\$ 12.97	\$ 101.16	\$ 505.83	\$ 1,011.66

**Tabla 20.** Proyecciones del ahorro monetario por medio del MiniTurbi en el automóvil de combustión interna

Fuente: Aguirre, J. (2012).

Los beneficios que ofrece a nivel mundial son la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero dado que la energía eléctrica generada mediante combustibles fósiles, así como por el transporte terrestre emiten alrededor del 70% de GEI (Gases de Efecto Invernadero), siendo plenamente factible que en el futuro cercano la emisión de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, se incremente considerablemente debido al mayor número de vehículos de combustión interna y por ende al mayor consumo de combustibles fósiles.

<sup>141</sup> Miauto.mx. (2012). *Autos más vendidos en el 2011*. Recuperado el 08 de julio de 2012. [[http://sentidocomunautomotriz.com/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1320:autos-mas-vendidos-en-2011&catid=101:articulos-de-interes&Itemid=210](http://sentidocomunautomotriz.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=1320:autos-mas-vendidos-en-2011&catid=101:articulos-de-interes&Itemid=210)]

# Conclusiones

En la actualidad, uno de los grandes problemas de la humanidad es que su calidad de vida depende, en gran medida, del uso de la electricidad, y lo que conlleva a la producción de ésta, por medios convencionales (primordialmente a través de la quema de combustibles fósiles). Lo anterior se ha incrementado mundialmente, debido a que los países emergentes como Brasil, Rusia, China e India, y algunos en vías de desarrollo, son los que han mantenido un elevado crecimiento económico de su Producto Interno Bruto (PIB) en la últimas dos décadas, debiendo ampliar continuamente su producción de energía eléctrica. En consecuencia, se han originado graves trastornos medioambientales en el mundo, como el efecto invernadero, la lluvia ácida, la reducción de la capa de ozono, que influyen decisivamente en el calentamiento global, alterando drásticamente el equilibrio en la atmósfera, en el suelo y en el agua. Esto ha provocado efectos adversos tanto en especies vegetales, como animales.

Para colaborar en la resolución de este problema, se realizó el proyecto de producción de electricidad por medio de energía proveniente del viento; la idea principal es la de elaborar un pequeño aerogenerador llamado MiniTurbi. Su ubicación e instalación en el exterior del vehículo eléctrico permitirá aprovechar la incidencia del aire durante el recorrido del automóvil. Es ideal para colocarse en lugar de los faros de niebla, pues mide menos de 11 cm de diámetro, (el tamaño del hueco de estos faros varía en los diferentes tipos y modelos de automóviles, por lo que el MiniTurbi sufrirá modificaciones en los tamaños de las piezas, pero funcionará de igual modo en todos los vehículos). La energía generada será almacenada en el acumulador del automóvil, reduciendo las recargas que necesariamente deben hacerse de un tomacorriente.

Un aerogenerador no es ninguna novedad. Sin embargo, su impacto en el medio ambiente es menor, comparado con la generación de energía eléctrica obtenida por métodos convencionales. Aunque este modo de producir electricidad trae muchos beneficios, confrontada con los otros procesos es aún poco eficiente, pues depende de la velocidad del viento, un factor climático que no puede ser controlado por los



seres humanos, mientras en los métodos convencionales de generación de electricidad las materias primas son controladas, a diferencia de las energías renovables donde dependen del clima, las estaciones del año entre otras.

Lo anterior podría cambiar en un futuro próximo con la idea propuesta, en la que el elemento principal es una mini turbina que genere y acumule energía eléctrica utilizando, principalmente, la fuerza del viento y que es captada por el movimiento del automóvil.

Aunque ya existen propuestas de aerogeneradores más eficientes, en la actualidad estas son de costo elevado. El funcionamiento del MiniTurbi es simple, la electricidad se produce por el giro de la hélice transmitiendo el movimiento al generador por medio de engranes y acumula la energía eléctrica producida en la batería.

Si un litro de gasolina ayuda a recorrer 15 km en carretera o autopistas<sup>142</sup>, entonces se necesitaran 6.66 litros de gasolina para recorrer 100 km. Se calculo que el MiniTurbi produce 113.64 watts lo que permite el ahorro de 0.078 litros de gasolina cada 100 km, que equivale al 1.17% de los 6.66 litros de gasolina consumidos durante 100 km

$$X \text{ litros de gasolina} = \frac{(100\text{km}) (1 \text{ litro})}{15 \text{ km}} \approx 6.66 \text{ litros de gasolina}$$

$$\text{Un litro de gasolina} = 15 \text{ Km}$$

$$X \text{ litros de gasolina} = 100 \text{ km}$$

Si el MiniTurbi permite el ahorro de 0.078 litros de gasolina cada 100km y se necesitan 6.66 litros de gasolina para recorrer 100 km; entonces el MiniTurbi permite el ahorro de 1.17 % de los litros de gasolina consumidos durante 100 km.

Con los 0.078 litros de gasolina ahorrados se dejan de emitir 0.187 kilogramos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada 100 km, y un litro de gasolina produce 2.4 kg de CO<sub>2</sub>, y el automóvil necesita de 6.66 litros para recorrer 100 km, el MiniTurbi evitara la

---

<sup>142</sup> Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2009). *Guía del Automovilista Eficiente*. Recuperado el 20 de abril de 2012.  
[<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7369/8/Transporte.pdf>]

emisión de 1.17% de kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasolina consumido durante 100 km. Si se aplicara al todo el parque vehicular de la ZMVM se dejarían de emitir 75 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año (de acuerdo al censo vehicular de 2006).

$$\text{Cantidad de CO}_2 = \frac{(6.66 \text{ litros}) (2.4 \text{ kg de CO}_2)}{\text{Un litro}} \approx 15.98 \text{ kg de CO}_2$$

$$\text{Un litro de gasolina} = 2.4 \text{ kg de CO}_2$$

$$6.66 \text{ litros de gasolina} = \text{Cantidad de CO}_2$$

Si 6.66 litros de gasolina generan 15.98 kg de CO<sub>2</sub>, y el MiniTurbi permite el ahorro de 0.078 litros; se dejan de emitir 0.187 kilogramos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada 100 km, entonces se dejan de emitir 1.17% de kg de CO<sub>2</sub> cada 100 km.

Además otra ventaja que presenta el MiniTurbi; es que ayuda al automóvil eléctrico a recargar sus baterías durante 100 km; el artefacto genera 0.1886 kWh con una velocidad de 60 km/h, con lo cual aportaría 1.45% de la electricidad para un automóvil eléctrico dado que este necesita 13 kWh para recargar sus baterías.

$$\% \text{ que aporta el MiniTurbi a las baterías del automóvil eléctrico} = \frac{(0.1886 \text{ kWh}) (100\%)}{13 \text{ kWh}} \approx 1.45 \%$$

$$\text{Automóvil eléctrico} = 13 \text{ kWh para recorrer 100 km}$$

$$\text{MiniTurbi} \approx 0.1886 \text{ kWh generados durante 100 km con una velocidad de 60 km/h}$$

Las aplicaciones del MiniTurbi serían innumerables. A continuación se enlistan algunas.

1. Instalación en el hueco designado para los faros de niebla de los automóviles.
2. Si se coloca el MiniTurbi en los techos de los centros comerciales o en el de los hogares se podrán recargar los controles de la televisión o del DVD, entre otros. También se puede utilizar como sistema de recarga para todos los aparatos eléctricos y electrónicos de los mencionados centros comerciales.

3. En las autopistas de todo el país se podrán colocar varios MiniTurbis, para generar electricidad, almacenarla y poder alimentar los equipos electrónicos de las casetas, el soporte serán los anuncios espectaculares encontrados a lo largo de las autopistas o vialidades.
4. Se colocarán en los puentes peatonales, para alimentar un sistema de leds que los iluminen y contribuir a la disminución de los índices delictivos.
5. Colocar el MiniTurbi en el exterior de la cabina de los conductores. Por ejemplo: Metro, Tren Suburbano, Metrobús, Trolebús, Tren Ligerero, etc. En donde el flujo de aire siempre es continuo.
6. Ubicar el MiniTurbi en la parte superior de los postes de luz (localizados en parque o centros recreativos) para generar electricidad que pueda ser utilizado por cualquier persona para recargar su celular, pilas recargables, *ipod*, *netbook*, *laptop*, entre otros accesorios electrónicos al tomacorriente del MiniTurbi.

Se pretende, con estas propuestas, que los consumidores domésticos e industriales reduzcan el consumo de energía eléctrica proveniente de la quema de combustibles fósiles, los cuales generan elevadas cantidades de gases de efecto invernadero y de lluvia acida, complicando cada vez más el control de la estabilidad climática global.

El producto se desarrolló con programas de diseño CAD para determinar el tamaño y tipo de los materiales que se utilizarán para su diseñado y fabricación. Existe una evolución constante y muy rápida de los sistemas CAD/CAM/CAE lo que hace casi imposible mantenerse al día tanto en su conocimiento como en la aplicación de los mismos. Los sistemas CAD/CAM/CAE están realizando un esfuerzo especial en desarrollar y adaptarse a las necesidades actuales de los usuarios.

El proyecto está planteado desde la perspectiva del desarrollo sostenible, para disminuir la grave amenaza que para la humanidad representa el calentamiento global. Esto es indudable para que se logre, pues los materiales que se van a

utilizar son reciclables, además, el termoplástico cuando es sometido a calor se ablanda por tanto, es moldeable. Este procedimiento se puede repetir infinidad de veces ya que el material no sufre alteraciones química irreversibles, al enfriarse vuelve a un estado sólido. Una desventaja que debe considerarse es el costo del reciclaje de este tipo de materiales plásticos, el cual es sumamente elevado, pero una de las grandes ventajas al utilizar este tipo de materia prima, es que la industria automotriz lo emplea en muchas de las partes del automóvil.

El desarrollo científico y tecnológico ha favorecido el impulso en la producción de energía eléctrica utilizando energías renovables como son la bioenergía, solar geotérmica, eólica y la maremotriz, entre otras. Todo esto debido a los altos potenciales regionales de aprovechamiento así como a su avanzado desarrollo tecnológico por lo que son más competitivas; siendo capaces de poder satisfacer las necesidades energéticas en todos los sectores. Además ofrecen la posibilidad de construir sistemas sostenibles de producción de electricidad debido a las enormes ventajas ambientales, sociales e industriales que presenta.

Los beneficios de emplear energías renovables ofrecen importantes oportunidades para aplicaciones en entornos donde la energía convencional no llega o lo hace de manera parcial. Particularmente en el entorno rural donde existen altos niveles de marginación. La falta de electricidad en comunidades rurales aisladas constituye una situación crítica, ya que está asociada con la ausencia de educación, servicios de salud, telecomunicaciones así como de agua potable. Ejemplo de lo anterior son los calentadores solares de agua o los sistemas de electrificación rural que se han instalados en comunidades rurales aisladas en el país, permitiendo una vida más confortable para las personas que ahí habitan.

El aprovechamiento de las energías renovables, permitirán disminuir gradualmente el consumo de combustibles fósiles, constituyendo una de las principales estrategias de mitigación del cambio climático a nivel mundial.

Hoy, vivimos en un mundo globalizado en los aspectos productivos y tecnológicos, donde los recursos humanos y financieros se mueven extremadamente rápido

debido a las exigencias de la sociedad, de las empresas y de las escuelas. En la actualidad, las instituciones educativas preparan a las personas para que se desarrollen en una sociedad globalizada. Para esto, se necesita que los diferentes sistemas educativos de cada uno de los países, se apoyen con las herramientas de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), pues con ellas la información y el conocimiento se difunden con mucha rapidez. Esto, quizá sea una desventaja de las nuevas tecnologías, en el sentido de que se integran muy rápidamente a la sociedad pero, los sistemas educativos los incorporan muy lentamente a los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Los problemas de la integración de las nuevas tecnologías en los diferentes niveles de enseñanza, se plantean desde el punto de vista de la formación de los estudiantes. Por lo que se debe diseñar en términos más profundos, que no sólo impliquen el mero aprendizaje de una u otra herramienta, si no proporcionar los elementos que propicien e incrementen la innovación y la creatividad en el estudiante, y que logre superar con mucho, las dificultades materiales que tal integración significa para las instituciones educativas.

Los avances tecnológicos conseguidos exigen nuevos conocimientos y destrezas a los profesionales y técnicos de las más variadas profesiones. Esta situación plantea nuevas interrogantes en todos los niveles educativos.

Las instituciones de educación superior deben mejorar la calidad de la enseñanza, y superar sus carencias, aprovechando las nuevas tecnologías como plataforma para impulsar un nuevo tipo de educación, que permita al alumno aprender de forma tal que realmente incremente su nivel educativo.

# Bibliografía

## Libros:

- Baptista Lucio, Pilar. Fernández Collado, Carlos. Hernández Sampieri, Roberto. (2010). Metodología de la investigación. (5°. ed.). México: Mc Graw Hill. 613 pp.
- Blaxter, Loraine. Christina Hughes. y Malcom Tight. (2000). *Cómo se hace una Investigación*. México: Gedisa. 352 pp.
- García Córdoba, Fernando. (2007). *La Investigación Tecnológica*. (2°. ed.). México: Limusa. 456 pp.
- Giancoli C., Douglas. (2006). *Física Principios con Aplicación*. (6°. ed.). México: Pearson Educación. 848 pp.
- Rodríguez, Gerardo. (1987). Manual de Diseño Industrial. México: Gustavo Gili, 163 pp.
- Sánchez Ruiz, Gerardo G. (2004). Guía de investigación para niños interesados en problemas urbanos y en otras cuestiones. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco (UAM). 128 pp
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2008). *¿Y el medio ambiente? Problema en México y el mundo*. México. Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito. 192 pp.
- Stobaugh, Robert. y Yerguin, Daniel. (1982). *Energía del futuro*. Editorial Continental. 490 pp.
- Valles S. Miguel. (2007). *Técnicas Cualitativas de Investigación Social*. (4° ed.). Editorial Síntesis. 432 pp.

## Tesis de Estudio

- Aguirre Contreras, Javier. (2010). *MiniTurbi*. Tesis de Especialidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México DF. 60 pp.
- Angulo Alvarez Carlos. (2002). *Método de Diseño Industrial Asistido por Computadora*. Tesis de Maestría de la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México. 164 pp.
- Baca Guerrero, Luis. (2000). *Sistema Híbrido (Eólico-Solar) de energía eléctrica para casa- habitación rural*. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México 124 pp.

## Revistas

Mckibben, Bill. (2009). Energía del Futuro. *National Geographic*. Edición especial, 22-26 pp.

Gereffi, G. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas del desarrollo*. 32(125), México: IIEc-UNAM, abril-junio

## Manuales

Téllez Salero, Salvador. *Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos*. Centro Nacional de Actualización Docente. 56 pp. Recuperado el 25 de abril de 2011 [<http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/plasticos/MANUALPARTINYPLAS.pdf>]

Manual Autodesk Inventor 2012.

## Páginas web

<http://www.amdee.org/>

<http://www.appa.es/>

<http://www.cfe.gob.mx/>

<http://www.conae.gob.mx/>

<http://eandco.net/>

<http://www.eco-web.com/>

<http://energuia.com/category/renovables/eolica/>

<http://www.energias-renovables.com/energias/renovables/index>

<http://www.ewea.org/>

<http://www.idae.es>

<http://www.iea.org/weo/>

<http://www.lacrossetechnology.com>

<http://www.neoteo.com/>

<http://www.rae.es/rae.html>

[http://www.sciencedaily.com/news/matter\\_energy/construction/](http://www.sciencedaily.com/news/matter_energy/construction/)

<http://www.sotaventogalicia.com/index.php>

<http://www.windpower.org/>

<http://www.windpowermonthly.com/>

<http://www.windstats.com/>



## Documentos Electrónicos URL

Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE). (2010). *Proyectos de Energía Eólica en México*. Recuperado el 17 de abril de 2011.

[www.amdee.org/literature\\_50448/Proyectos\\_de\\_Energ](http://www.amdee.org/literature_50448/Proyectos_de_Energ)

Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA). (2011). *Reporte Mundial de Energía Eólica*. Recuperado el 30 de enero de 2012.

[http://www.windea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009\\_e.pdf](http://www.windea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009_e.pdf)

Barbará Gómez, Laura. (2009). Bajo la supervisión de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Monterrey. *El mercado de la energía eólica en México*. Recuperado el 30 de diciembre de 2011.

<http://www.oficinascomerciales.es/icex/cma/contentTypes/common/records/viewDocument/0,,00.bin?doc=4253299>

Borja, Marco. (2007). *Instituto de Investigaciones Eléctricas Gerencia de Energías no Convencionales. Taller de Introducción a la Tecnología de Aerogeneradores*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011.

[http://www.iie.org.mx/proyectoMEM/docpdf/Modulo\\_01\\_Introduccion.pdf](http://www.iie.org.mx/proyectoMEM/docpdf/Modulo_01_Introduccion.pdf)

Burgos Pérez, Ana. *Energía Eólica*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011.

[http://www.bestresult-ieee.com/Lists/public\\_deliverables/Attachments/21/D05\\_10\\_course01\\_participants\\_material\\_3.pdf](http://www.bestresult-ieee.com/Lists/public_deliverables/Attachments/21/D05_10_course01_participants_material_3.pdf)

Botello Aguirre Manuel. (2005-Actualmente). *Comparación del precio de la gasolina, México-USA 1938-2011*. Recuperado el 10 de diciembre de 2011.

<http://www.mexicomaxico.org/Voto/GasolMexUSA.htm>

Chandler L., David. (2011). *When the wind blows*. Recuperado el 05 de enero 2012.

<http://web.mit.edu/newsoffice/2011/energy-scale-part2-1025.html>

*Coche eléctrico frente al convencional..... mejor ven en metro*. (2009). Recuperado el 10 de septiembre de 2011.

<http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/04/21/116803>

Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2011). *Costo de Generación por Tecnología (Costos Unitarios en Pesos / KWh)*. Recuperado el 05 de julio 2012.

[http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/queEsCFE/Documents/2012/Administracion/Costodegeneracionportecnologia2002\\_2011.pdf](http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/queEsCFE/Documents/2012/Administracion/Costodegeneracionportecnologia2002_2011.pdf)

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2009). *Guía del Automovilista Eficiente*. Recuperado el 20 de abril de 2012.

<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7369/8/Transporte.pdf>

Cumbre de Johannesburgo. (2002). *Cumbre Mundial sobre el desarrollo Sostenible*. Recuperado el 03 de septiembre de 2011.

<http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/medios/carpeta/energia.htm>

Departamento de Salud y Servicio para Personas Mayores de New Jersey. (1998). *Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas*. Recuperado el 04 de noviembre de 2011.

<http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1748sp.pdf>

*Economía y eficiencia de combustibles en automóvil*. Recuperado el 10 de diciembre de 2010.

<http://wordp.relatividad.org/ciencia/economia-y-eficiencia-de-combustible-en-automoviles/>

Educ.ar (El portal educativo del Estado Argentino). *Energía Alternativa*. Recuperado el 02 de abril de 2012.

<http://www.educ.ar/educar/energias-alternativas.html>

*El cenit del petróleo, un elemento fundamental de la crisis energética global*. Recuperado el 08 de noviembre de 2011.

[http://loff.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20\\_2\\_.pdf](http://loff.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20_2_.pdf)

El Instituto de Aire Limpio. (2007). *Revisión Crítica de Información sobre el Proyecto de Restricción Vehicular Sabatina*. Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal. Recuperado el 03 de junio de 2012.

<http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/revisioncritica.pdf>

El universal. (2011). *Los 10 coches más baratos de México*. Recuperado el 16 de octubre de 2011.

<http://www.vanguardia.com.mx/los10cochesmasbaratosdemexico-720080.html>

Estrategia local de acción climática del Distrito Federal. *Tendencias en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, escenarios bajo, medio y alto al 2012*. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/elac/10\\_tendencias\\_en\\_emisiones\\_gases\\_efecto\\_invernadero.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/elac/10_tendencias_en_emisiones_gases_efecto_invernadero.pdf)

General Electric. *Wind Turbines*. Recuperado el 15 de enero de 2012.

[http://www.ge-energy.com/products\\_and\\_services/products/wind\\_turbines/index.jsp](http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/wind_turbines/index.jsp)

Granada Galli, Ricardo. (2011). *La energía y la conspiración contra el coche eléctrico*. Recuperado el 10 de diciembre de 2010.

<http://gallir.wordpress.com/2010/09/21/la-energia-y-las-conspiracion-contra-el-coche-electrico/>

Guillén Solís Omar y Mendoza Saavedra Jorge. (2010). *Proyecto de parque eólico para la Ciudad de México*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

<http://energiaadebate.com/proyecto-de-parque-eolico-para-la-ciudad-de-mexico/>

Guzmán Castañón Luis Arturo, Llamas Terrés Armando, Saucedo Pérez Carlos Alejandro. (2009). *Talleres de fabricación de aerogeneradores. Construido con sus propias manos*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

[http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/43052008\\_TALLERES\\_FABRICACION\\_AEROGENERADORES.pdf](http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/43052008_TALLERES_FABRICACION_AEROGENERADORES.pdf)

*How many wind turbines would it take to power all of New York City?* MIT ENGINEERING. Recuperado el 20 de enero de 2012.

<http://engineering.mit.edu/live/news/872-how-many-wind-turbines-would-it-take-to-power-all>

*Instrucciones del Anemómetro de Mano* (Hand Held Anemometer, Marca LA CROSSE TECHNOLOGY, Serie EA-3010U). Recuperado el 15 de junio de 2011.

<http://www.lacrossetechnology.com/ea3010/index.php>

*Introducción al CAD/CAM*. Recuperado el 24 de septiembre de 2011.

[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs\\_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INTRODUCCION%20AL%20CAD-CAM/01%20Introduccion%20CAD%20CAM.pdf](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INTRODUCCION%20AL%20CAD-CAM/01%20Introduccion%20CAD%20CAM.pdf)

*La energía eólica abastecerá al futuro parque de vehículos*. (2009). Recuperado el 20 de diciembre de 2011.

[http://www.evwind.es/noticias.php?id\\_not=107](http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=107)

Lazo Rojas, Oswaldo. Rojas Rojas, Luis. (2006). *Diseño Asistido por Computadora*. Recuperado el 25 de abril 2011.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/id/v9n1/a02v9n1.pdf>

Maestre Gaya, Abel. (2007-2008). *Máster en Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico. Energía Eólica Aerogeneradores*. Recuperado el 28 de agosto de 2011.

[http://www.aloj.us.es/notas\\_tecnicas/Aerogeneradores.pdf](http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Aerogeneradores.pdf)

*Mecanismos*. Recuperado el 8 de octubre de 2010.

[http://iespseza.educa.aragon.es/tecnologia/marisa\\_moreno/mecanica/mecanismos-transmision.pdf](http://iespseza.educa.aragon.es/tecnologia/marisa_moreno/mecanica/mecanismos-transmision.pdf)

Medina Tinoco, Rosalía. *Plásticos biodegradables*. Recuperado el 28 de diciembre de 2011.

[http://www.cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos\\_biodegradables2005-CIENTEC.pdf](http://www.cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos_biodegradables2005-CIENTEC.pdf)

*Método de Análisis por elemento Finito y Descripción del Software Algor.* Recuperado el 22 de febrero de 2011.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/moises\\_g\\_lf/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/moises_g_lf/capitulo5.pdf)

Miauto.mx. (2012). *Autos más vendidos en el 2011*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

[http://sentidocomunautomotriz.com/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1320:autos-mas-vendidos-en-2011&catid=101:articulos-de-interes&Itemid=210](http://sentidocomunautomotriz.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=1320:autos-mas-vendidos-en-2011&catid=101:articulos-de-interes&Itemid=210)

Miyara, Federico. (2002). *Rectificación*. Recuperado el 06 de octubre de 2010.

<http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/rectif.pdf>

Mitsubishi. *Turbinas eólicas*. Recuperado el 12 de enero de 2012.

[http://www.mhimex.com/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=135&Itemid=315](http://www.mhimex.com/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=135&Itemid=315)

Núñez Antezana, Cristóbal Juan. (2004). *Diseño y Construcción de un Prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical*. Recuperado el 22 de septiembre de 2010.

<http://www.uv.es/~navasqui/OtrosAerogeneradores/Aerogen-vertical.pdf>

*Obama quiere un millón de coches eléctricos para el 2015*. (2009). Recuperado el 13 de diciembre de 2011.

<http://www.ecologiaverde.com/obama-quiere-un-millon-de-coches-electricos-para-el-2015/>

*Parque Vehicular Mexicano en Crecimiento*. (2009). Recuperado el 14 de septiembre de 2011.

[http://e-auto.com.mx/noticia\\_detalle.php?not\\_id=31](http://e-auto.com.mx/noticia_detalle.php?not_id=31)

Petroquim. (2005). *Polipropileno. Hoja de Seguridad (HDS)*. Recuperado el 30 de enero 2011.

<http://www.petroquim.cl/archivos/HDS%20Polipropileno.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2010). *Anuario, Avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio Ambiente*. Recuperado el 03 de septiembre de 2011.

[http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP\\_ES\\_2010\\_low.pdf](http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP_ES_2010_low.pdf)

*Proyectos Eólicos en México 2011* (2011). Recuperado el 10 de julio de 2012.

<http://amdee.org/Proyectos/Proyectos%20Elicos%20en%20Mexico%202011.pdf>

Ruiz, Manuel J. (2005). *Seminario de Energías Renovables*. Recuperado el 22 de agosto de 2011.

<http://mami.uclm.es/jmruiz/materiales/Documentos/eolica.pdf>

Santianes Cuesta, José María. Martínez Pérez, Marta. Giménez Cabrea, Antonio Juan. (2008). *Aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW*. Recuperado el 04 de septiembre de 2011.

[http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas\\_Actividad/Prospectiva\\_Tecnologica/34301686\\_211200911951.pdf](http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Prospectiva_Tecnologica/34301686_211200911951.pdf)

Secretaría de Energía (SENER). (2006). *Sector eléctrico 2006-2015*. Recuperado el 01 de septiembre de 2011.

[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/prospsectelec2006.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/prospsectelec2006.pdf)

Secretaria de Energía (SENER). (2008). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. Recuperado el 17 de abril de 2011.

[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20SE%202008-2017.pdf)

Secretaria de Energía. (2010). *Balance de energía 2010*. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energía%202010\\_2.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energía%202010_2.pdf)

Secretaria de Energía (SENER). (2010). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*. Recuperado el 09 de julio de 2012.

[http://www.energia.gob.mx/res/1825/SECTOR\\_ELECTRICO.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024*. Recuperado el 16 de mayo de 2011.

[http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/1sesion\\_ot/pre\\_sector\\_electrico\\_2010\\_2024.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/1sesion_ot/pre_sector_electrico_2010_2024.pdf)

Secretaria de Energía. (2012). *Fuentes de energía*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

[http://www.energia.gob.mx/portal/fuentes\\_de\\_energia.html](http://www.energia.gob.mx/portal/fuentes_de_energia.html)

Shaila Rosagel. (2011). *Habemus taxis eléctricos*. Recuperado el 08 de septiembre de 2011.

<http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/09/28/habemus-taxis-electricos>

Siemens. *Wind Power*. Recuperado el 10 de enero 2012.

[http://www.energy.siemens.com/mx/en/power-generation/renewables/wind-power/wind-turbines/#content=%3CFONT%20b%3D%2239%22%20closure\\_uid\\_ikcue5%3D%2245%22%20\\_gt\\_w1er9cr0ji8s%3D%221%22%3ETecnolog%C3%ADa%20%3C%2FFONT%3E](http://www.energy.siemens.com/mx/en/power-generation/renewables/wind-power/wind-turbines/#content=%3CFONT%20b%3D%2239%22%20closure_uid_ikcue5%3D%2245%22%20_gt_w1er9cr0ji8s%3D%221%22%3ETecnolog%C3%ADa%20%3C%2FFONT%3E)

Tarifas eléctricas CFE. Recuperado el 15 de junio de 2012.

<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/Conocetutarifa.aspx>  
[http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/acuerdosmodificantarifas/Paginas/21Ene09\(1\).aspx](http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/acuerdosmodificantarifas/Paginas/21Ene09(1).aspx)

Termoplásticos.php. Recuperado el 20 de enero de 2011.

<http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.SeleccionTERMOPLASTICOS.pdf>

United States Agency International Development (USAID). (2009). *Elementos de Promoción para la Energía Eólica*. Recuperado el 30 de abril de 2011.

[www.amdee.org/LiteratureRetrieve.aspx?ID=44031](http://www.amdee.org/LiteratureRetrieve.aspx?ID=44031)

*Vehículo eléctrico: las baterías y la red*. (2011). Recuperado el 06 de septiembre de 2011.

<http://www.otromundoesposible.net/tecnologia/vehiculo-electrico-las-baterias-y-la-red>

Wards Auto. *Automóvil Eléctrico*. Recuperado el 25 de noviembre de 2011.

<http://wardsauto.com/>

### **Tesis Electrónica**

Yustos, Lorenzo Héctor. (2008). *Aplicación de nuevas tecnologías en la realización de herramientas para moldes de inyección de termoplásticos*. Tesis Doctoral. España. 443pp. Recuperado el 23 de mayo de 2011.

[http://oa.upm.es/18777/1/HECTOR LORENZO YUSTOS.pdf](http://oa.upm.es/18777/1/HECTOR_LORENZO_YUSTOS.pdf)

### **Documentos electrónicos de Periódicos o Revistas**

El humo del diesel, declarado causante de cáncer en humanos. (2012). *El mundo.es*. Recuperado el 09 de julio de 2012.

<http://www.elmundo.es/elmundosalud/2012/06/12/oncologia/1339517758.html>

Enciso L. Angélica. (2011). México, quinto lugar en proyectos del mercado de carbono: SEMARNAT. *La jornada.mx*. Recuperado el 08 de julio de 2012.

<http://www.jornada.unam.mx/2011/02/09/sociedad/043n2soc>

Pantoja Sara. (2009). Lanzas taxi eléctrico diseñado en México. *El Universal.mx*. Recuperado el 10 de noviembre de 2011.

<http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/96705.html>

Ponce Miranda Gabriela. (2012). Luminarias híbridas en la UAM-A. *Aleph ilustra diseño. Universidad Autónoma Metropolitana*. año 16. Volumen 5. Número 171. 07 pp. Recuperado el 08 de julio de 2012.

<http://www.azc.uam.mx/coordinaciones/publicaciones/adjuntos/Marzo2012.pdf>

UNAM crea plásticos biodegradables de maíz. (2010). *El Universal.mx*. Recuperado el 15 de agosto de 2011.

<http://www.eluniversal.com.mx/articulos/57160.html>

Ya está aquí el auto eléctrico barato. (2009). *Revista del Consumidor*. Recuperado el 03 de diciembre de 2011.

<http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=1795>

# Anexos

## **A.1 Abreviaturas y símbolos**



cm	Centímetro
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Bióxido de Carbono
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre
EO	Eolo Eléctrica
GWh	Gigawatt-hora
GWh/ año	Gigawatt-hora por año
GWh/ mes	Gigawatt-hora por año
ha	Hectárea
Hz	Hertz
kg	kilogramo
kJ/m <sup>2</sup>	kilojulios por metro cuadrado
km	Kilómetro
km/h	Kilómetro por hora
kV	kilovolt
kW	kilowatt / kilovatio
kWh	kilowatt-hora
l	litro
lb/psi	libras por pulgada cuadrada
m	metro
mm	milímetro
m/s	metro por segundo
mph	millas por hora

MVA	Megavolt-ampere
MMt	millones de toneladas
mW	miliwatt
MW	Megawatt
MW / GWh	Megawatt por Gigawatt-hora
MWh	Megawatt-hora
MPa	Megapascal
N	Newton
PP	Polipropileno
ppm	partes de millón
rpm	revoluciones por minuto
psi	libras por pulgada cuadrada
s	segundo
t	tonelada
TC	Termoeléctrica convencional
TG	Turbogas
TV	Turbina de vapor
TWh	Terawatt-hora
v	volt
w	watt / vatio

## **A.2 Siglas y Acrónimos**

AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica
AIE	Agencia Internacional de Energía
BM	Banco Mundial
CAD	Diseño Asistido por Computadora
CAM	Manufactura Asistida por Computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Computadora
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
EUA	Estados Unidos de América
FOC	Fecha de Operación Comercial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GNL	Gas Natural Licuado
GLP	Gas Licuado de Petróleo
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OP	Obra Presupuestada
OPF	Obra Pública Financiada
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PEE	Productor Externo de Energía

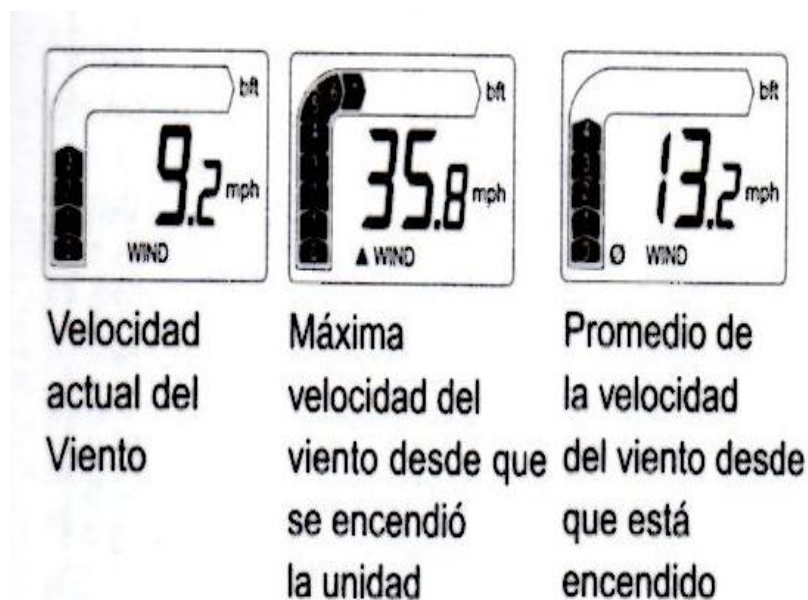
PEL	<i>Permissible Exposure Limit</i>
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RLSPEE	Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaria de Energía
SHCP	Secretaria de Hacienda y Crédito Público
UE	Unión Europea
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USAID	<i>United States Agency International Development</i>
WWEA	Asociación Mundial de Energía Eólica
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

**A.3 Características del Anemómetro de  
Mano (Hand Held Anemometer, Marca  
LA CROSSE TECHNOLOGY, Serie EA-  
3010U).**

(Dirección electrónica de LA CROSSE TECHNOLOGY  
<http://www.lacrossetechnology.com/ea3010/index.php>)

- Medición de la velocidad del viento mph, Km/h, m/s o Nudos
- Visualización de la velocidad del viento con gráficos de barras en escala Beaufort
- Observación en pantalla del frío del viento
- Representación de la temperatura en grados Fahrenheit o Centígrados
- Iluminación de la pantalla LCD
- Apagado Automático
- Cubierta resistente a las condiciones del Tiempo

Modo de la velocidad del viento: Puede ser seleccionado en tres diferentes modos de visualización en cualquier momento.



Escala del viento Beaufort (bft): La escala Beaufort es representada en forma de gráfica de barras (0-12 Fuerza del viento). Este es un sistema para estimar la fuerza del viento, sin utilizar de instrumentos basados en los efectos visibles del viento en el ambiente físico.

Fuerza	Descripción	Nudos	m/s	Km/h	mph
0	Calmado	0	0	0	0
1	Aire suave	1	0.5	1.8	1.1
2	Brisa suave	4	2.1	7.4	4.6
3	Brisa tenue	7	3.6	13.0	8.1
4	Brisa moderada	11	5.7	20.4	12.7
5	Brisa fresca	17	8.8	31.5	19.6
6	Brisa fuerte	22	11.3	40.8	25.4
7	Ventarrón cercano	28	14.4	51.8	32.3
8	Ventarrón	34	17.5	63.0	39.2
9	Ventarrón fuerte	41	21.1	75.9	47.2
10	Tormenta	48	24.7	88.9	55.3
11	Tormenta violenta	56	28.8	103.7	64.5
12	Huracán	64	32.9	118.4	73.7

## Especificaciones del anemómetro

Temperaturas de operación recomendadas:

- De -29.9°C a +59°C con 0.1°C de resolución
- De -21.8°F a 138.2 °F con 0.2°F de resolución

Intervalos de chequeo de la Temperatura:

- Cada 10 segundos

Rango de medición de la velocidad del viento:

- Mínimo 0.4 mph (0.2 m/s)
- Máximo 67 mph (30 m/s)

Fuente de alimentación:

- 1 Batería de litio de 3V (CR2032)

Dimensiones (Largo x Ancho x Altura)

- 39 x 17 x 98 mm ( 1.5" x 0.6" x 3.8")



## **A.4 Catálogo 2012 de Proveedores y Fabricantes**

Baleros y Suministros Industriales S.A DE C.V

(<http://balerossi.com.mx/tiendabalerossi/>)

Rodamientos-Baleros SAMPER (<http://www.rodamientos-samper.com.mx/>)

The Home Depot México

(<http://www.homedepot.com.mx/webapp/wcs/stores/servlet/HomeView?storeId=11661>)

Robodacta Dirección de nuestro centro de atención: La Rioja Núm.15-A, Col. San Pedro Zacatenco, México, DF., CP. 07360.Tels. (55) 57541993, 55861920.

(<http://www.robodacta.mx/index.php>)

Electrónica Steren (<http://www.steren.com.mx/>)

Cadenas, Sprockets y Complementos Industriales S.A de C.V Av. Cuitlahuac Núm. 2726, Col. Claveria, Azcapotzalco CP. 02080 México, DF. Tel: 53-96-62-82, 53-96-60-82

Plásticos Jogar S. A. de C.V. Artículos de plástico Jogar S.A. de C.V. Col Industrial San Antonio, Azcapotzalco Sta. Apolonia Núm. 15 México DF. CP. 02760 Correo: [ventas@jogarplastics.com](mailto:ventas@jogarplastics.com) Tel:(55) 5561-2230 Tel/Fax: (55) 5352-7732

Beniplas. Av. Central Mz. 5 Lt. 14, Col. Josefa Ortiz de Domínguez C.P. 55117 Ecatepec Edo. de México Tels. (01 55) 1541-2307, (01800) 5613-808 y 0155 2233-2212

## **A.5 Tarifas eléctricas en la zona centro del país**

## TARIFAS DOMÉSTICAS, 2011 CARGOS POR ENERGÍA (\$/kWh)

(Dirección electrónica para consultas de tarifas:

<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/ConocerTarifa.aspx>

[http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/acuerdosmodificantarifas/Paginas/21Ene09\(1\).aspx](http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/acuerdosmodificantarifas/Paginas/21Ene09(1).aspx))

### Tarifa 1

Para consumo hasta 140 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Para consumo superior a 140 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-125	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 250 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

### Tarifa 1ª

#### TEMPORADA DE VERANO

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 150 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-100	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio	0.730	0.732	0.734	0.736	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.748	0.750	0.752	0.754
Para consumo superior a 150 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-100	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio 101-150	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.959	0.962	0.965	0.968	0.971	0.974	0.977	0.980
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 300 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

**TEMPORADA FUERA DE VERANO**

Para consumo hasta 150 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Para consumo superior a 150 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-125	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 300 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

**Tarifa 1B**  
**TEMPORADA DE VERANO**

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 225 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-125	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio	0.730	0.732	0.734	0.736	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.748	0.750	0.752	0.754
Para consumo superior a 225 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-125	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio 126-200	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.959	0.962	0.965	0.968	0.971	0.974	0.977	0.980
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 400 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

**TEMPORADA FUERA DE VERANO**

Para consumo hasta 175 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Para consumo superior a 175 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Intermedio 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-150	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 400 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

**Tarifa 1C**  
**TEMPORADA DE VERANO**

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 300 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-150	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio	0.730	0.732	0.734	0.736	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.748	0.750	0.752	0.754
Para consumo superior a 300 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-150	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio 151-450	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.959	0.962	0.965	0.968	0.971	0.974	0.977	0.980
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 850 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región México.

**TEMPORADA FUERA DE VERANO**

Para consumo hasta 175 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Para consumo superior a 175 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-150	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 850 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

**Tarifa 1D****TEMPORADA DE VERANO**

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 400 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-175	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio	0.730	0.732	0.734	0.736	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.748	0.750	0.752	0.754
Para consumo superior a 400 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-175	0.629	0.631	0.633	0.635	0.637	0.639	0.641	0.643	0.645	0.647	0.649	0.651	0.653
Intermedio 176-600	0.944	0.947	0.950	0.953	0.956	0.959	0.962	0.965	0.968	0.971	0.974	0.977	0.980
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 1,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

## TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 200 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Para consumo superior a 200 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-175	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 1,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

### Tarifa 1E TEMPORADA DE VERANO

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 750 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-300	0.511	0.513	0.515	0.517	0.519	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.531	0.533	0.535
Intermedio	0.660	0.662	0.664	0.666	0.668	0.670	0.672	0.674	0.676	0.678	0.680	0.682	0.684
Para consumo superior a 750 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-300	0.511	0.513	0.515	0.517	0.519	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.531	0.533	0.535
Intermedio 301-900	0.843	0.846	0.849	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.



**TEMPORADA FUERA DE VERANO**

Para consumo hasta 250 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-200	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593
Para consumo superior a 250 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-200	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región México.

**Tarifa 1F**  
**TEMPORADA DE VERANO**

El período de aplicación de esta tarifa comprende los seis meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. En los seis meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

Para consumo hasta 1,200 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-300	0.511	0.513	0.515	0.517	0.519	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.531	0.533	0.535
Excedente	0.660	0.662	0.664	0.666	0.668	0.670	0.672	0.674	0.676	0.678	0.680	0.682	0.684
Para consumo superior a 1,200 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-300	0.511	0.513	0.515	0.517	0.519	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.531	0.533	0.535
Intermedio Bajo 301-1,200	0.843	0.846	0.849	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879
Intermedio Alto 1,201-2,500	1.575	1.580	1.585	1.590	1.595	1.600	1.605	1.610	1.615	1.620	1.625	1.630	1.635
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,500 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México.

## TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 250 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-200	0.852	0.855	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593
Para consumo superior a 250 kWh mensuales													
Rango de consumo	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Básico 1-75	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733
Intermedio 76-200	1.181	1.185	1.189	1.193	1.197	1.201	1.205	1.209	1.213	1.217	1.221	1.225	1.229
Excedente	2.497	2.505	2.513	2.521	2.529	2.537	2.545	2.553	2.561	2.569	2.577	2.585	2.593

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,500 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a la región de México

## Condiciones de Tarifas

**1. Aplicación:** La tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, considerada de alto consumo o que por las características del servicio así se requiera.

**2. Alto consumo:** Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un gasto de energía mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

**3. Consumo mensual promedio:** El consumo mensual promedio registrado por el usuario se determinará con el promedio móvil del gasto de energía durante los últimos 12 meses.

**4. Límite de alto consumo:** El límite de alto consumo se define para cada localidad, en función de la tarifa en la que se encuentre clasificada:

Tarifa 1:	250 (doscientos cincuenta)	kWh/mes.
Tarifa 1A:	300 (trescientos)	kWh/mes.
Tarifa 1B:	400 (cuatrocientos)	kWh/mes.
Tarifa 1C:	850 (ochocientos cincuenta)	kWh/mes.
Tarifa 1D:	1,000 (un mil)	kWh/mes.
Tarifa 1E:	2,000 (dos mil)	kWh/mes.
Tarifa 1F:	2,500 (dos mil quinientos)	kWh/mes.

Cuando el Consumo Mensual Promedio del usuario sea superior al Límite de Alto Consumo se le reclasificará a la Tarifa Doméstica de Alto Consumo.

**5. Temporada de verano:** El verano es el periodo que comprende los seis meses consecutivos más cálidos del año, los cuales serán fijados por el suministrador de acuerdo con los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y que se detallan para cada una de las tarifas en el presente Acuerdo.

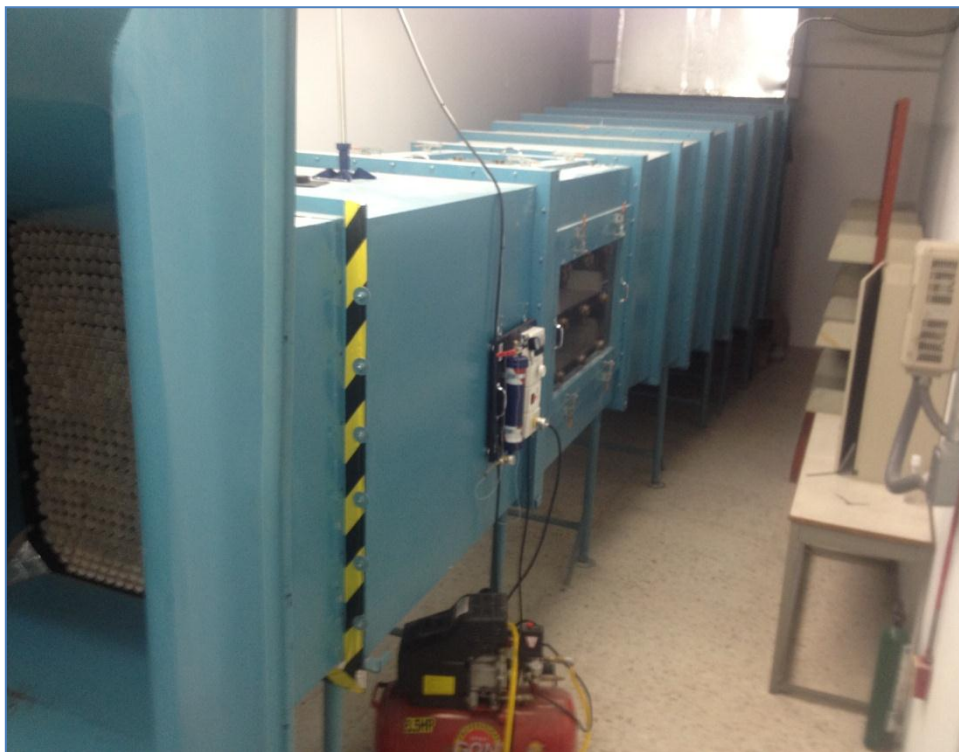
**Regiones en las que se divide la República Mexicana en cuestión de energía eléctrica**

Región	Cargo por kilowatt-hora de energía excedente
Baja California (verano)	\$1.08
Baja California (fuera de verano)	\$0.88
Baja California Sur (verano)	\$1.45
Baja California Sur (fuera de verano)	\$1.07
Central	\$1.08
Noreste	\$1.00
Noroeste	\$1.00
Norte	\$1.00
Peninsular	\$1.02
Sur	\$1.04

## **A.6 Pruebas del MiniTurbi en el túnel de viento**

En el túnel de viento se realizaron pruebas a diferentes prototipos del MiniTurbi, variando la velocidad en el túnel, con el fin de determinar la viabilidad de los modelos, seleccionando el que tiene un mayor rendimiento. Para realizar lo anterior, a los prototipos del MiniTurbi se les incremento el número de hélices para observar el comportamiento de cada uno.

En la figura A.6.1<sup>143</sup> se observa el túnel de viento localizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, el cual tiene cuatro ventiladores de succión con una velocidad de 120 km/h cada uno. De acuerdo a los datos obtenidos por el anemómetro, la velocidad máxima alcanzada es de 72 km/h dentro del túnel de viento, esta variación se debe a que el centro del túnel tiene una altura de 45 cm mientras que el anemómetro se colocó a 35 cm.



**Figura A. 6.1** Túnel de viento UAM Azcapotzalco<sup>xxxviii</sup>

<sup>143</sup> xxxviii Túnel de viento UAM Azcapotzalco. Aguirre Contreras Javier. (2012).

### Modelo del MiniTurbi tres hélices

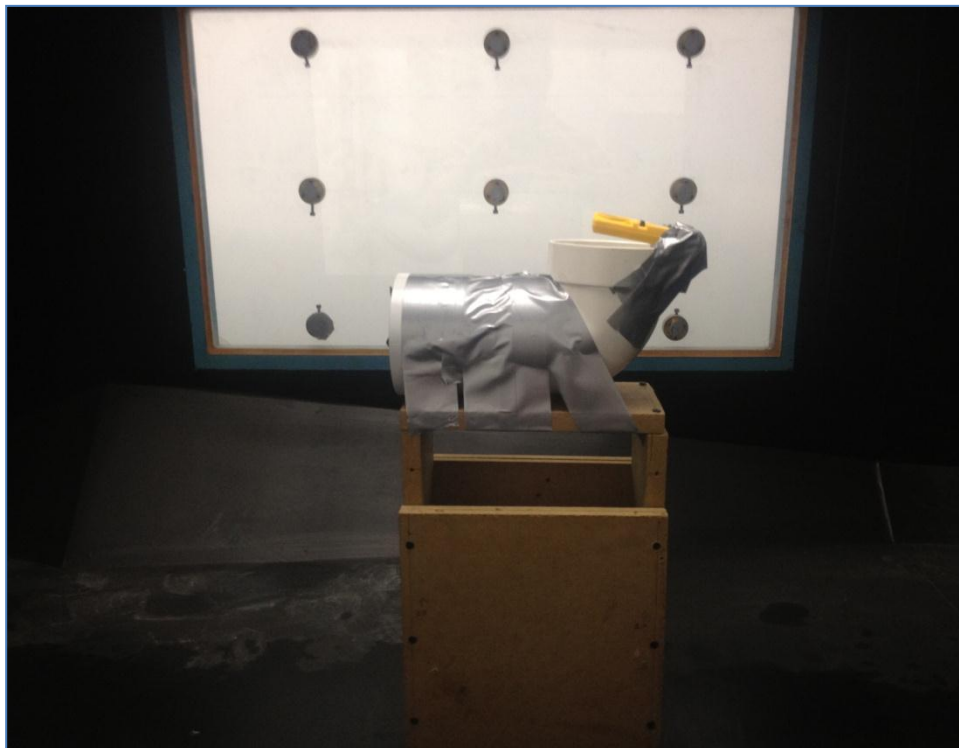
En la figura A.6.2<sup>144</sup> se aprecia el MiniTurbi colocado sobre una base de 30 cm, la cual permite que el centro del prototipo alcance una altura de 40 cm en el túnel donde pasa la mayor cantidad de viento. El prototipo consta de tres aspas separadas con una distancia de cinco cm cada una, esto permite que después de pasar el viento sobre un aspa, no se forme turbulencia al chocar contra la siguiente aspa. El prototipo desarrollado, se basó en el diseño de las turbinas de avión así como las termoeléctricas, ya que las hélices que conforman a estas, su separación es mínima.



**Figura A.6.2** Vista frontal del MiniTurbi dentro del túnel de viento<sup>xxxix</sup>

<sup>144</sup> xxxix Vista frontal del MiniTurbi dentro del túnel de viento. *Op. cit.*

En la imagen A.6.3<sup>145</sup> se puede observar como el MiniTurbi está sujeto mediante una cinta para ductos a la base, lo anterior ayuda al prototipo para que no se moviera, observando que la hélice se desplaza tanto hacia adelante como hacia atrás, debido al empuje del viento, por eso se propone incorporar amortiguadores en los soportes, esto permite disminuir el desplazamiento de la hélice producido por el viento.

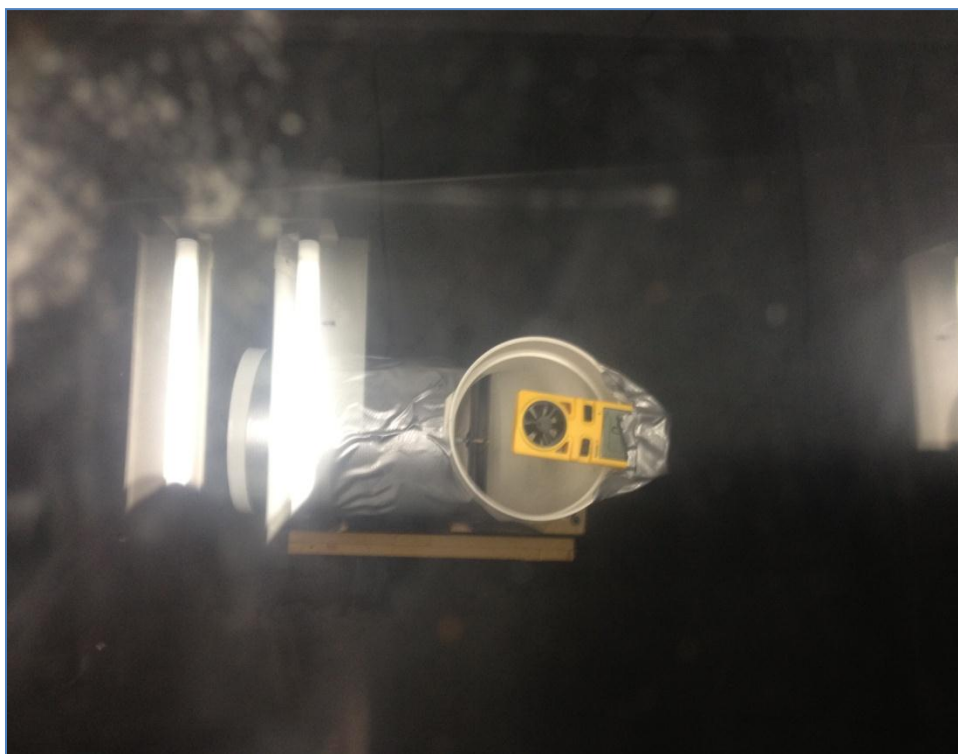


**Figura A.6.3** Vista lateral del MiniTurbi dentro del túnel de viento <sup>XL</sup>

<sup>145</sup> <sup>XL</sup> Vista lateral del MiniTurbi dentro del túnel de viento. *idem*.

En la imagen A.6.4<sup>146</sup> se colocó el anemómetro para comparar la velocidad inicial contra la velocidad final del viento. Como se puede observar en el siguiente cuadro la velocidad máxima soportada por el modelo fue de 27 km/h ya que si se aumentaba la velocidad, la hélice empezaba a moverse del eje, mientras que con una velocidad mínima de 25 km/h, el rotor se detenía. Además se constató que se pierde más del 64% de la velocidad suministrada por el túnel de viento, debido a la distancia que existen entre las tres hélices, debido a la turbulencia entre las 3 aspas. Los soportes de este prototipo están a 180°, el viento choca contra estos, por lo que en los planos anexados (los derechos de patente son exclusivos de la UAM, por lo que para la consulta respectiva se deberán pagar los derechos correspondientes) se propone que los soportes estén a 45°, lo cual permitirá al viento pasar sin problemas.

Modelo del MiniTurbi 3 aspas	Velocidad máxima en el túnel de viento	Velocidad mínima en el túnel de viento
	27 km/h	25 km/h
Velocidad del viento registrada por el anemómetro en la salida del MiniTurbi	9.6 km/h	8.8 km/h



**Figura A.6.4** Vista superior del MiniTurbi dentro del túnel de viento <sup>XLI</sup>

<sup>146</sup> XLI Vista superior del MiniTurbi dentro del túnel de viento. *idem*.



## Modelo del MiniTurbi dos hélices

En el modelo de dos hélices (Figura 6.5)<sup>147</sup> existe una pérdida de 25% del viento, debido a los soportes del eje. A diferencia del modelo de tres aspas, este trabaja a velocidades menores, por lo que es ideal para las calles de la ciudad donde los automovilistas manejan a velocidades inferiores que en las autopistas y carreteras. La velocidad máxima alcanzada por este modelo dentro del túnel de viento, se debe a la dificultad que el MiniTurbi tienen para moverse, dado que las hélices se tambalean y que el eje no esté simétrico, lo anterior no permite alcanzar velocidades mayores, pero aclarando que en el prototipo final las partes se acoplan perfectamente y la simetría es ideal, lo cual permitirá al MiniTurbi funcionar con velocidades de 200 km/h o superiores.

Modelo del MiniTurbi 2 aspas	Velocidad máxima en el túnel de viento	Velocidad mínima en el túnel de viento
	25 km/h	15 km/h
Velocidad del viento registrada por el anemómetro en la salida del MiniTurbi	20 km/h	10 km/h

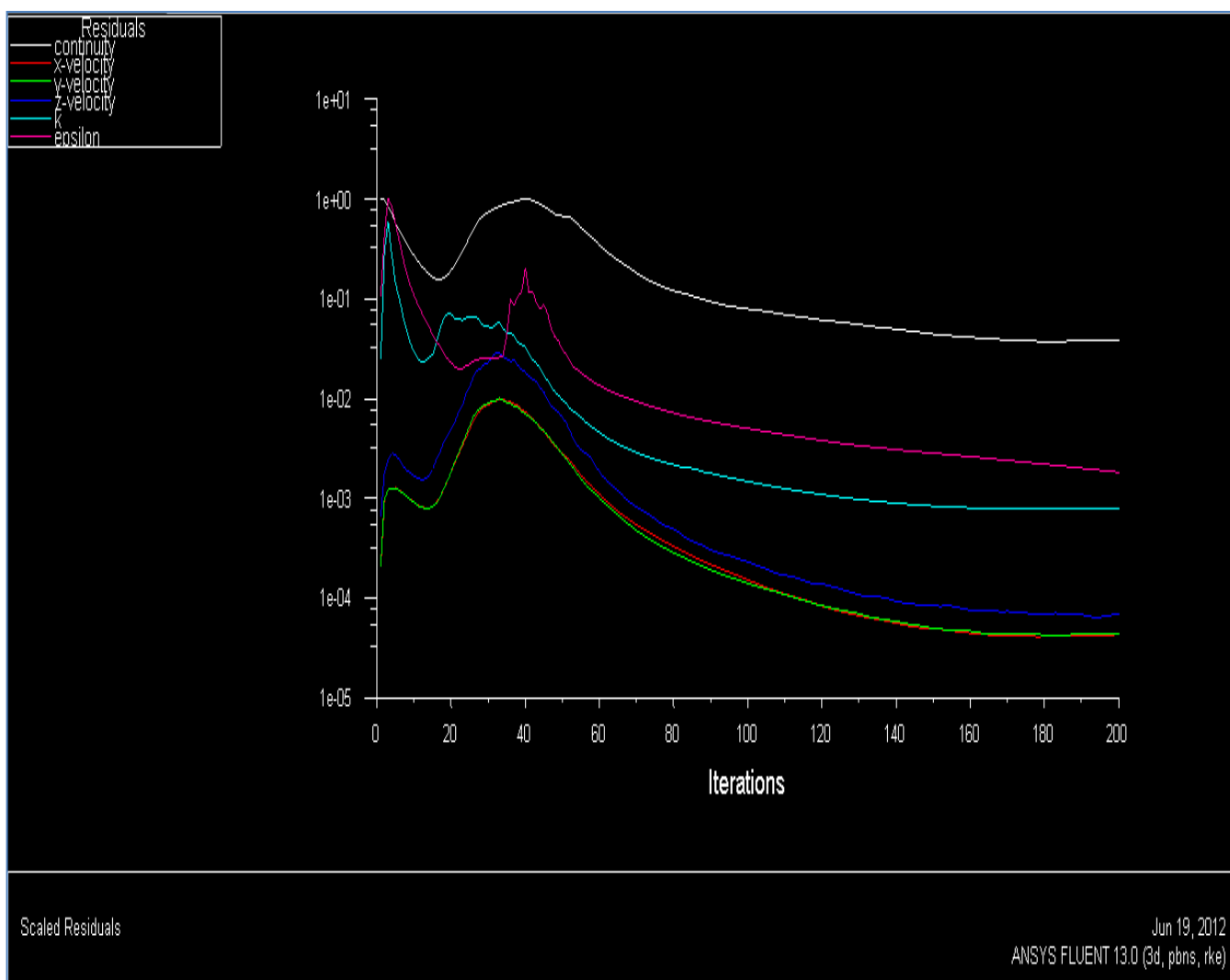


**Figura A.6.5** Vista frontal del MiniTurbi <sup>XLII</sup>

<sup>147</sup> <sup>XLII</sup> Vista frontal del MiniTurbi. *idem*.

## **A.7 Estudio del MiniTurbi en el programa ANSYS**

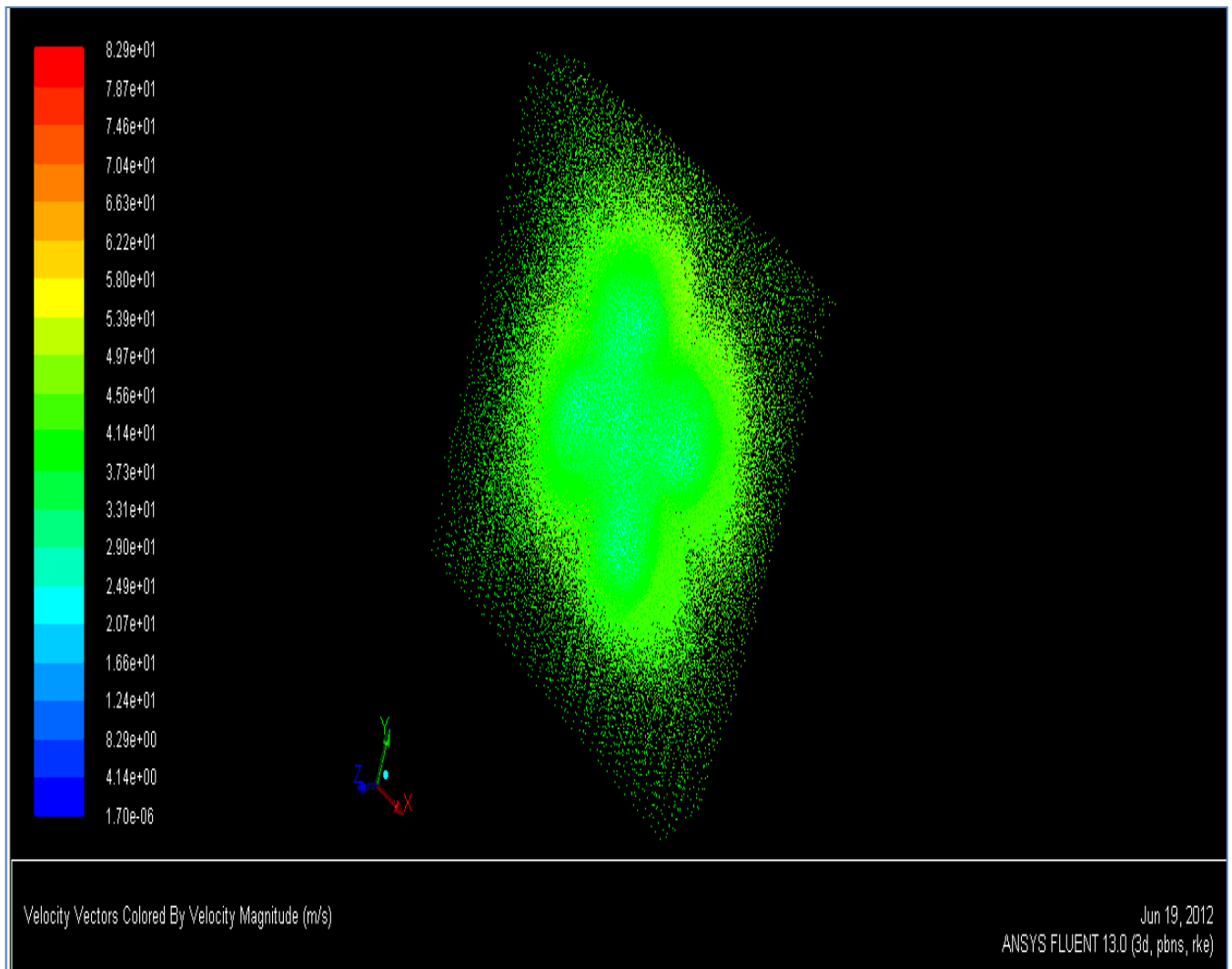




**Figura A.7.2** Velocidad del viento sobre la hélice en las coordenadas x, y, z<sup>XLIV</sup>

En las graficas de la figura A.7.2<sup>149</sup> se observa la velocidad del aire en las coordenadas x, y, z en intervalos de 20 s. Con esta grafica se nota como la velocidad va disminuyendo conforme el viento va pasando sobre la hélice.

<sup>149</sup> XLIV Velocidad del viento sobre la hélice en las coordenadas x, y, z. *Op. cit.*






**Figura A.7.3** Comportamiento del viento sobre la hélice <sup>XLV</sup>

La figura A.7.3<sup>150</sup> se muestra que la hélice es capaz de soportar velocidades del viento de hasta 200 km/h.

<sup>150</sup> XLV Comportamiento del viento sobre la hélice. *idem*.

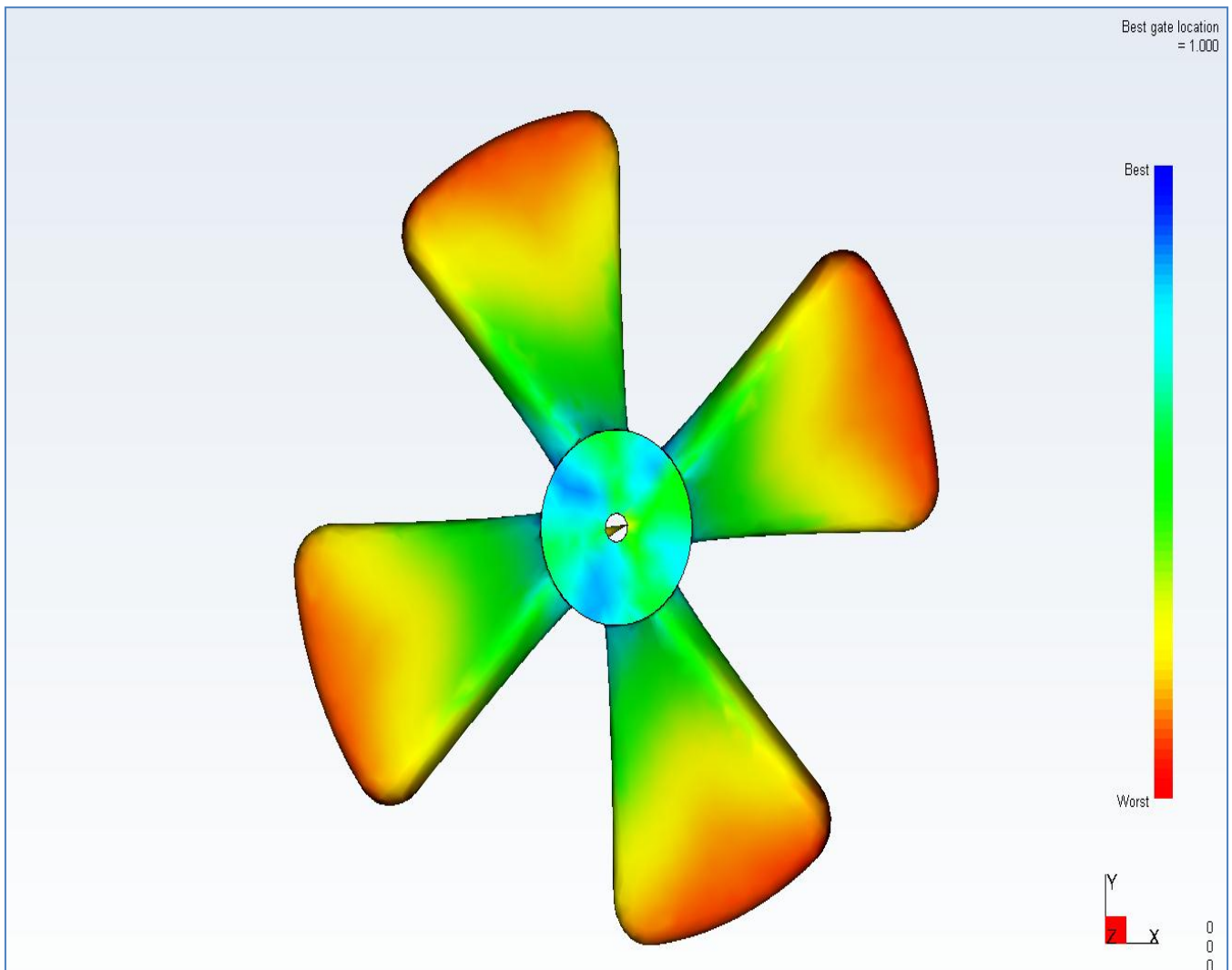
## **A.8 Simulación de inyección plásticos de las diferentes piezas del MiniTurbi**

Datos Generales de las piezas para la simulación de la inyección de plásticos	Hélice	Carcasa	Tapa
Lanzamiento de la versión	2010	2010	2010
Nombre del estudio	helice.study.sdy	Carcasa.study.sdy	tapa.study.sdy
Nombre de la parte	helice.stl	carcasa.stl	tapa.stl
Fabricante del material	Generic Default	Generic Default	Generic Default
Nombre comercial del material	Generic PP	Generic PP	Generic PP
Impacto ambiental			
Temperatura de fusión	240° C	240° C	240° C
Temperatura del molde	40° C	40° C	40° C
Inyección de la máquina a presión máxima	180.000(MPa)	180.000(MPa)	180.000(MPa)
Tiempo real de llenado	2.92 (s)	0.27 (s)	1.09 (s)
Inyección real de presión	0.845 (MPa)	6.043 (MPa)	180.000 (MPa)
Fuerza en el área de sujeción	32.2380 (cm <sup>2</sup> )	1.1171 (cm <sup>2</sup> )	46.0540 (cm <sup>2</sup> )
Fuerza máxima de sujeción durante el llenado	0.206 (t)	0.057 (t)	14.762 (t)
Velocidad/presión de conmutación en el % de volumen	99.92 (%)	99.06 (%)	15.53 (%)
Velocidad/presión de conmutación de tiempo	2.92 (s)	0.22 (s)	1.09 (s)
Tiempo estimado del ciclo	161.35 (s)	6.99 (s)	7.67 (s)
Peso total de la pieza	16.470 (g)	0.238 (g)	0.580 (g)
Volumen disparado	21.6827 (cm <sup>3</sup> )	0.3015 (cm <sup>3</sup> )	4.3506 (cm <sup>3</sup> )
Fuerza estimada de sujeción durante el embalaje usando: 20% de la presión de inyección 80% de la presión de inyección 120% de la presión de inyección			
	0.041 (t)	0.014 (t)	16.901 (t)
	0.165 (t)	0.055 (t)	67.604 (t)
	0.247 (t)	0.083 (t)	101.406 (t)
Cantidad de puntos de inyección:	2	9	2
Uno-Coordenada X,Y,Z	1.46,0.34,5.90	2.38,3.94,-7.49	-5.00,-7.00,24.05
Dos-Coordenada X,Y,Z	-1.43,-0.46,5.00	1.03,-4.47,-8.20	-7.00,5.00,24.05
Tres-Coordenada X,Y,Z	N/A	2.16,7.70,-4.09	N/A
Cuatro-Coordenada X,Y,Z	N/A	1.95,-4.21,13.05	N/A
Cinco-Coordenada X,Y,Z	N/A	2.85,-4.19,5.42	N/A
Seis-Coordenada X,Y,Z	N/A	2.90,6.65,-3.08	N/A
Siete-Coordenada X,Y,Z	N/A	3.87,-0.32,9.86	N/A
Ocho-Coordenada X,Y,Z	N/A	0.90,7.90,-1.87	N/A
Nueve-Coordenada X,Y,Z	N/A	5.20,1.44,2.74	N/A

**Tabla A.8.1** Características de la simulación de inyección plásticos de las diferentes piezas del MiniTurbi

Fuente: Aguirre, J. (2012).

La simulación permite observar las deformaciones que sufre el material flexible durante la inyección, debido al cierre del molde y a la presión a la que se inyecta el termoplástico, y se puede estudiar cómo influye esto en las dimensiones y formas de las piezas.

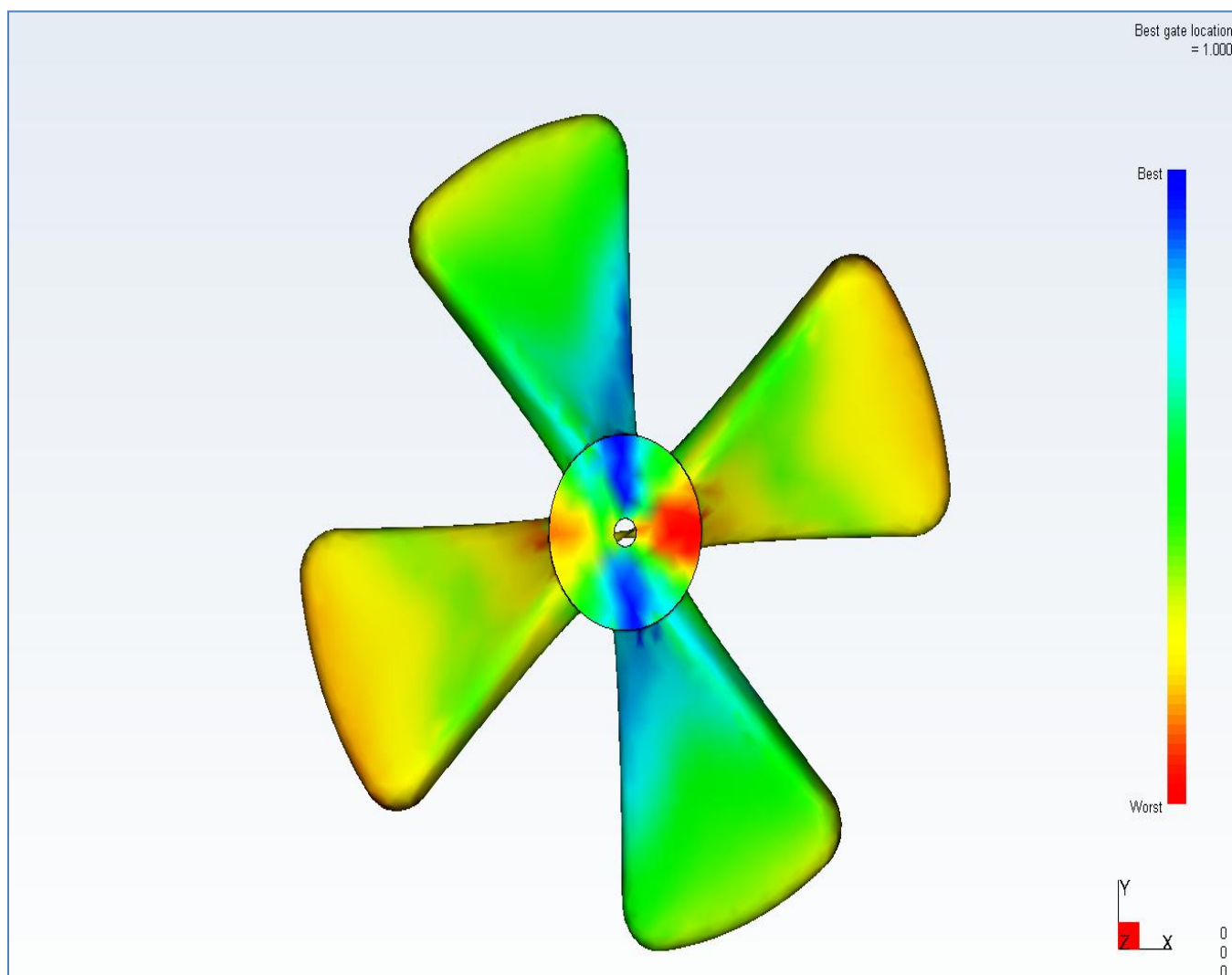


**Figura A.8.1** Simulación de inyección de plásticos de la pieza hélice en un punto <sup>XLVI</sup>

El mejor punto de inyección (**Figura A.8.1**)<sup>151</sup> muestra las zonas donde los puntos de inyección pueden ser colocados para obtener los mejores resultados, se basa en el análisis del grosor de la pieza en diferentes zonas y la facilidad que tendrá el flujo para llenar toda la pieza.

<sup>151</sup> <sup>XLVI</sup> Simulación de inyección de plásticos de la pieza hélice en un punto. Aguirre Contreras Javier. (2012).

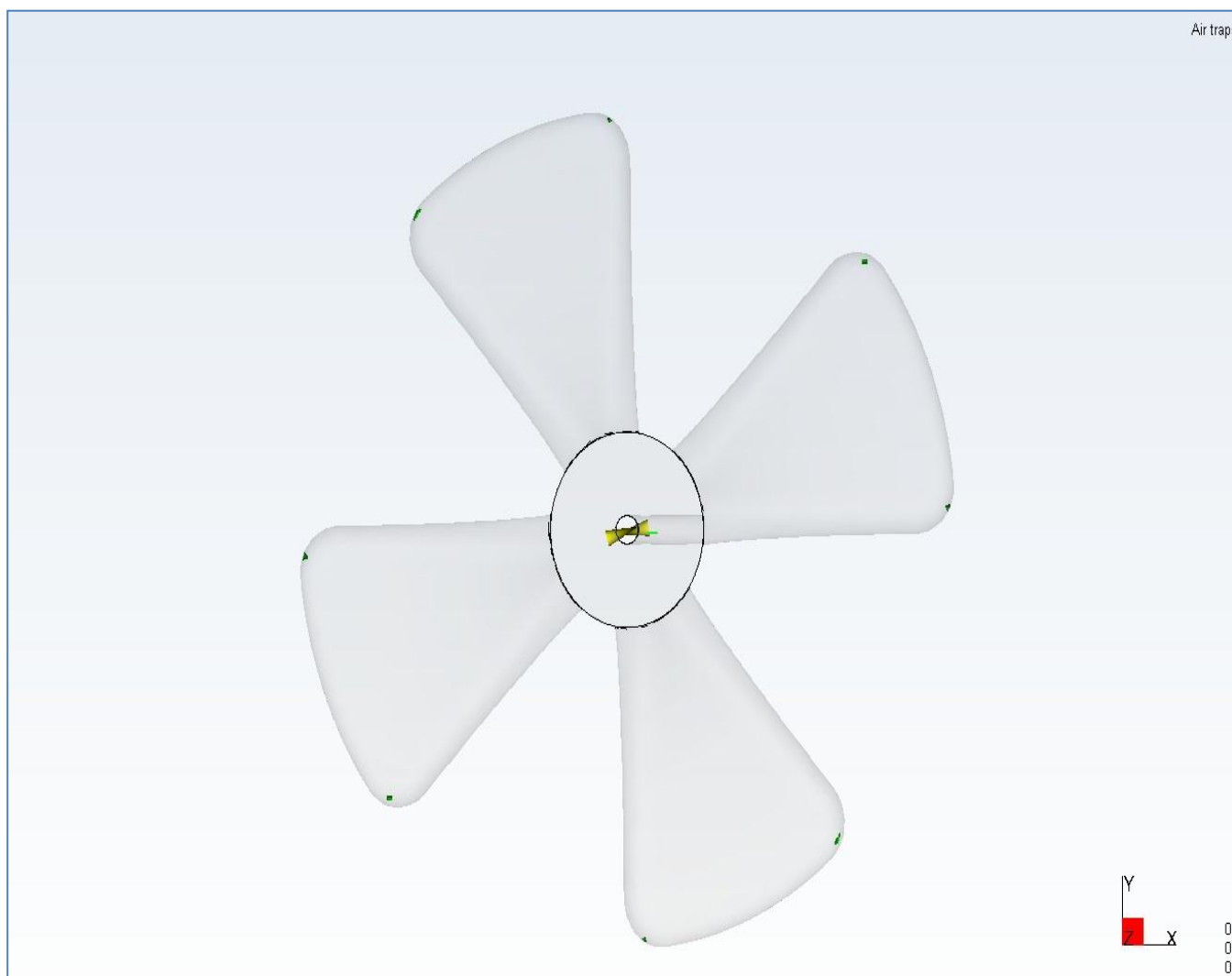




**Figura A.8.2** Dos puntos de inyección en la pieza hélice <sup>XLVII</sup>

La figura A.8.2<sup>152</sup> muestra los dos mejores puntos de inyección en la pieza hélice.

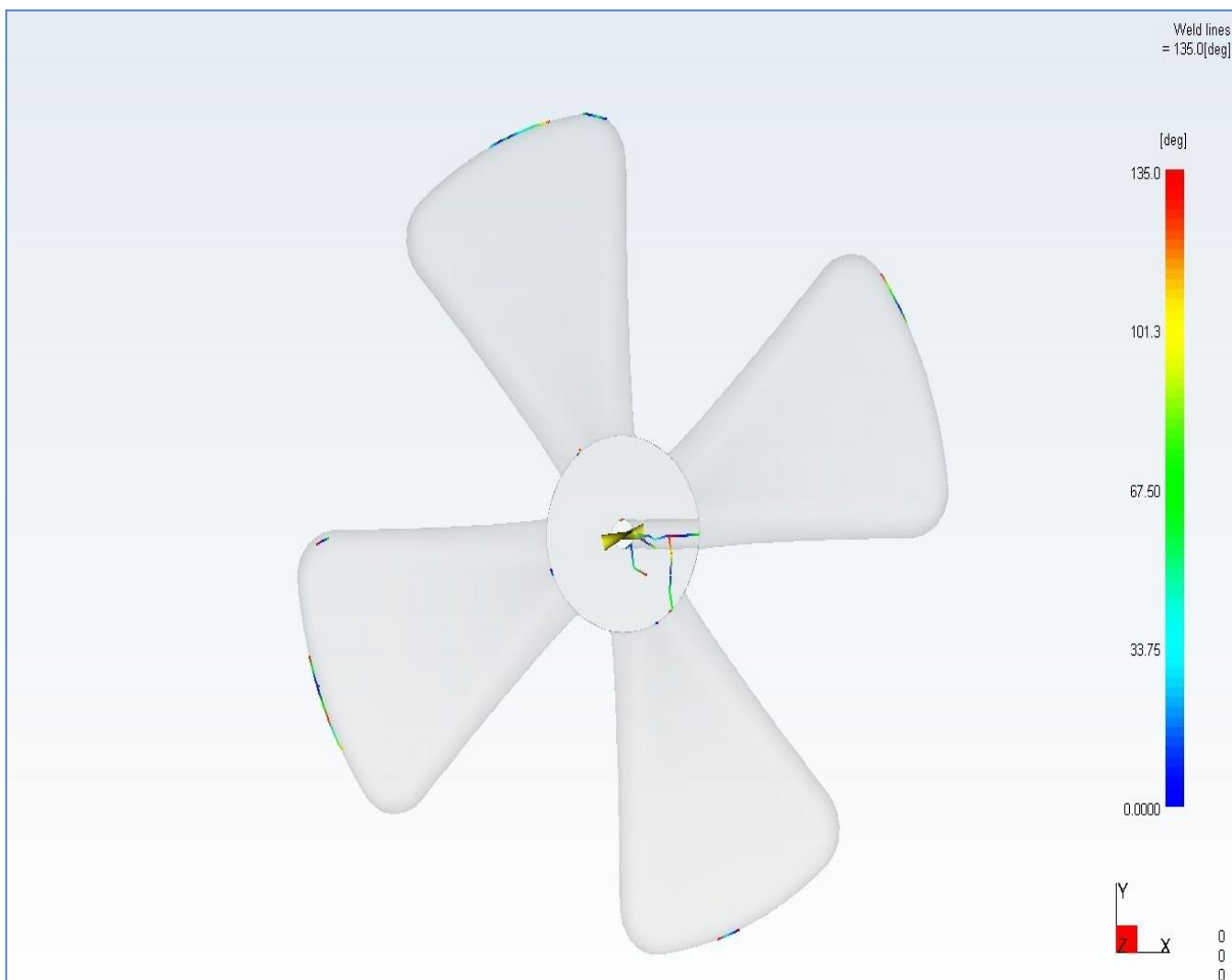
<sup>152</sup> <sup>XLVII</sup> Dos puntos de inyección en la pieza hélice. *Op. cit.*



**Figura A.8.3** Aire atrapado<sup>XLVIII</sup>

En la Figura A.8.3<sup>153</sup> se muestran los puntos donde quedaron los gases atrapados en la hélice.

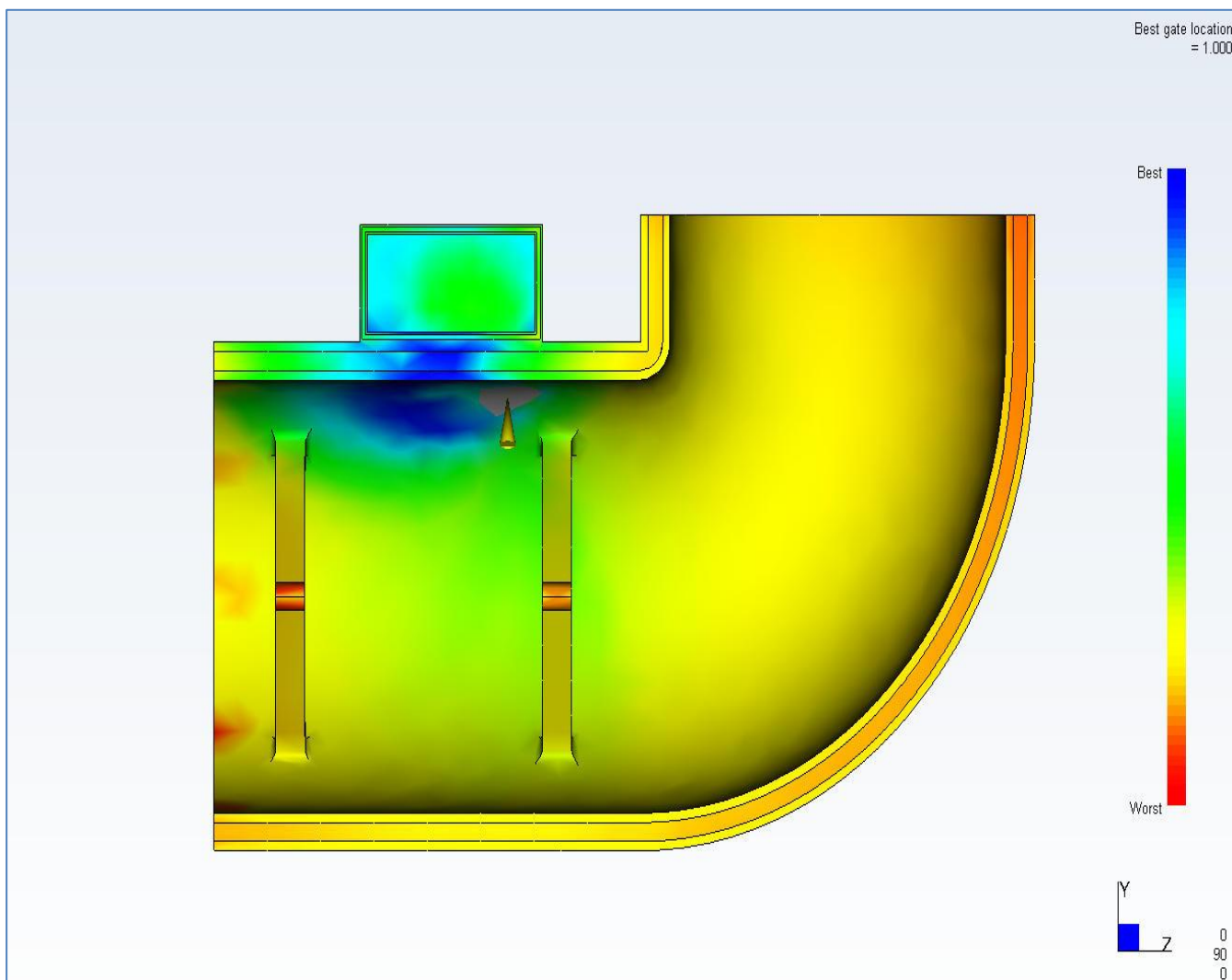
<sup>153</sup> XLVIII Aire atrapado. *idem*.



**Figura A.8.4** Líneas de soldadura <sup>XLIX</sup>

En la figura A.8.4<sup>154</sup> referida a las líneas de soldadura, se indica las posibles líneas de unión que aparecerán en la pieza de la hélice.

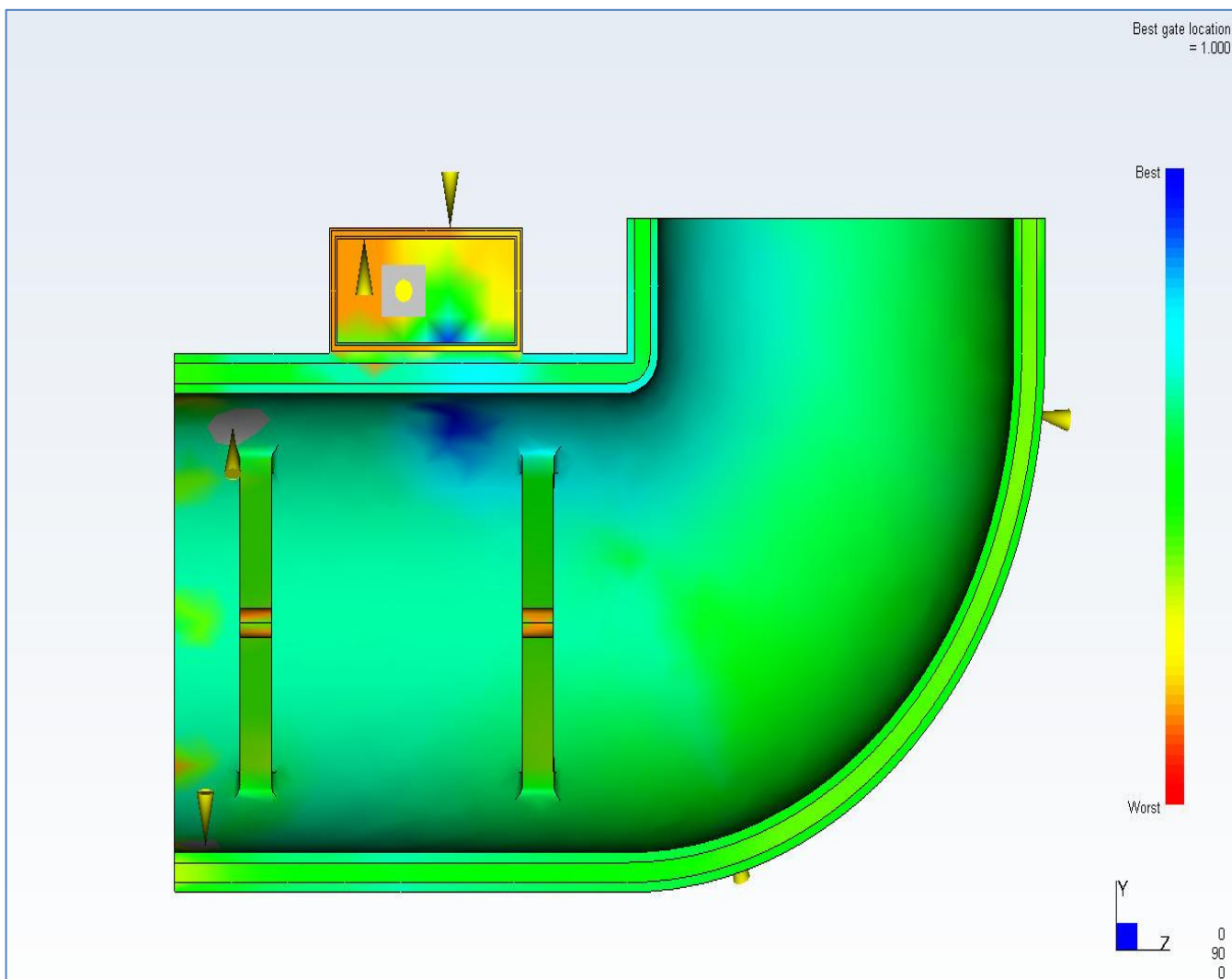
<sup>154</sup> <sup>XLIX</sup> Líneas de soldadura. *idem*.



**Figura A.8.5** Simulación de inyección de plásticos de la pieza carcasa en un punto <sup>L</sup>

El mejor punto de inyección de plásticos, es el que nos muestra la figura A.8.5<sup>155</sup> para obtener los mejores resultados.

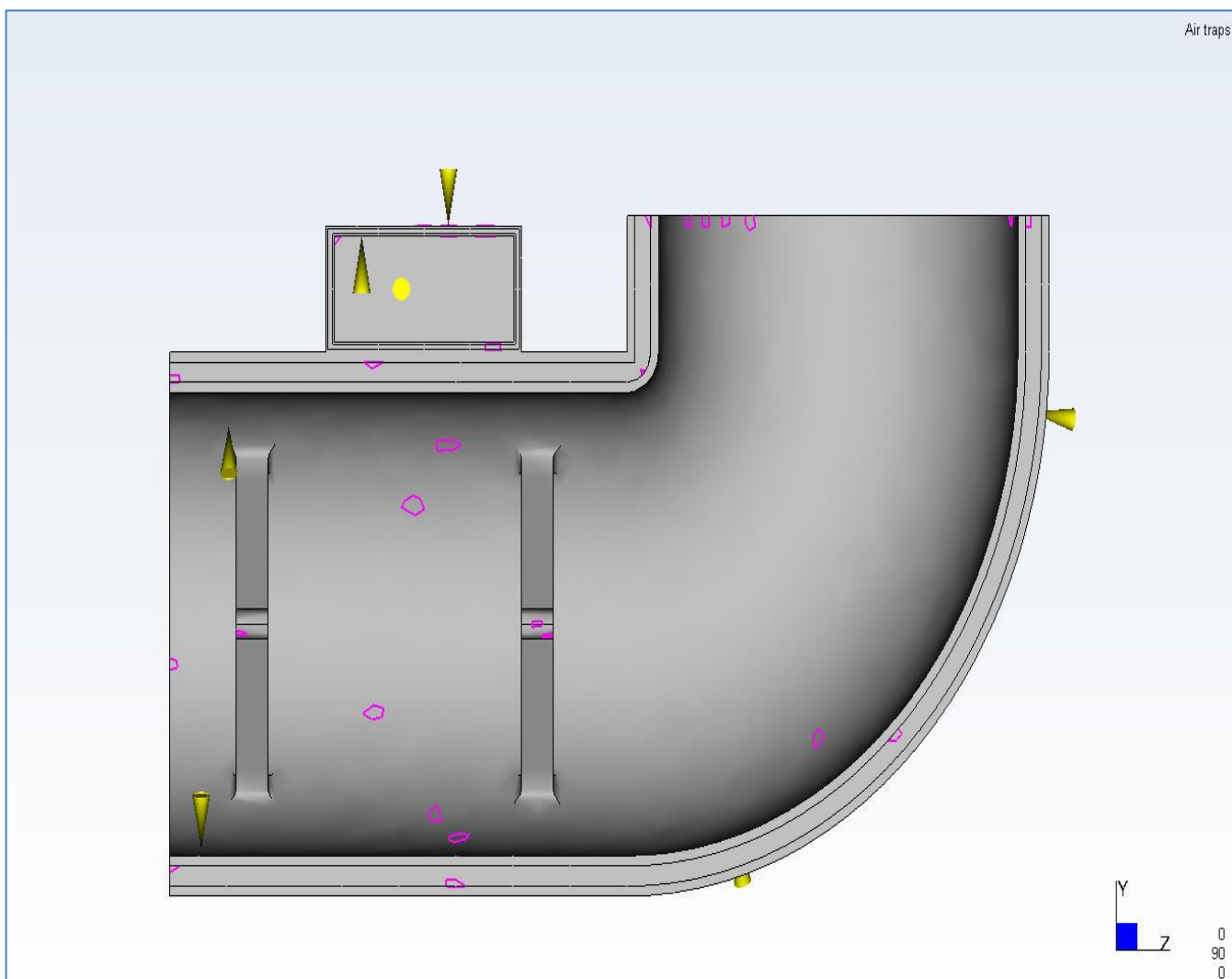
<sup>155</sup> <sup>L</sup> Simulación de inyección de plásticos de la pieza carcasa en un punto. *idem*.



**Figura A.8.6** Simulación de inyección de plásticos de la pieza carcasa en 10 puntos <sup>L1</sup>

En la Figura A.8.6<sup>156</sup> muestra los 10 mejores puntos de inyección de la pieza carcasa.

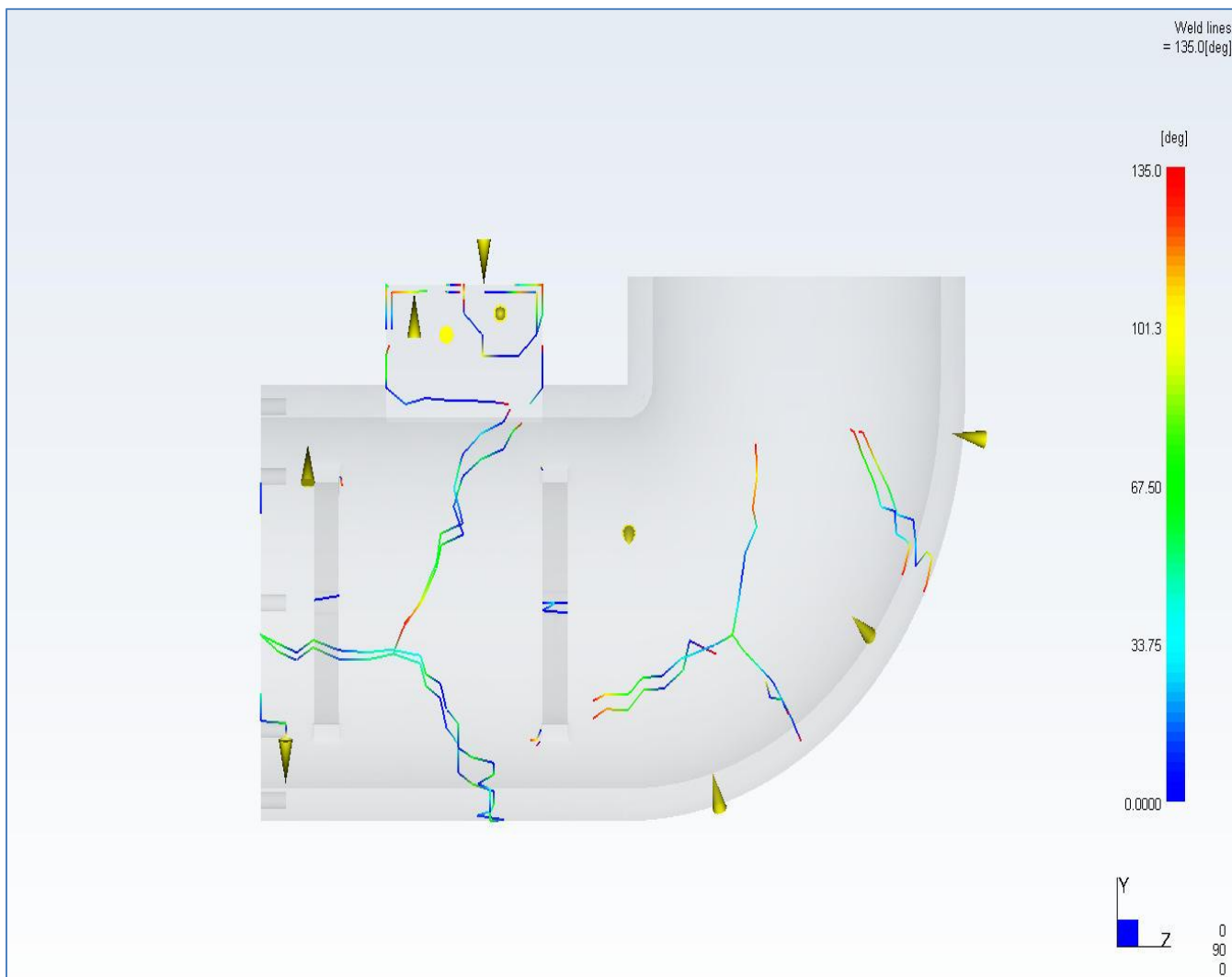
<sup>156</sup> <sup>L1</sup> Simulación de inyección de plásticos de la pieza carcasa en un punto. *idem*.



**Figura A.8.7** Aire atrapado<sup>LII</sup>

En la Figura A.8.7<sup>157</sup> referida al aire atrapado, se muestra los puntos donde quedaran gases atrapados en la pieza carcasa.

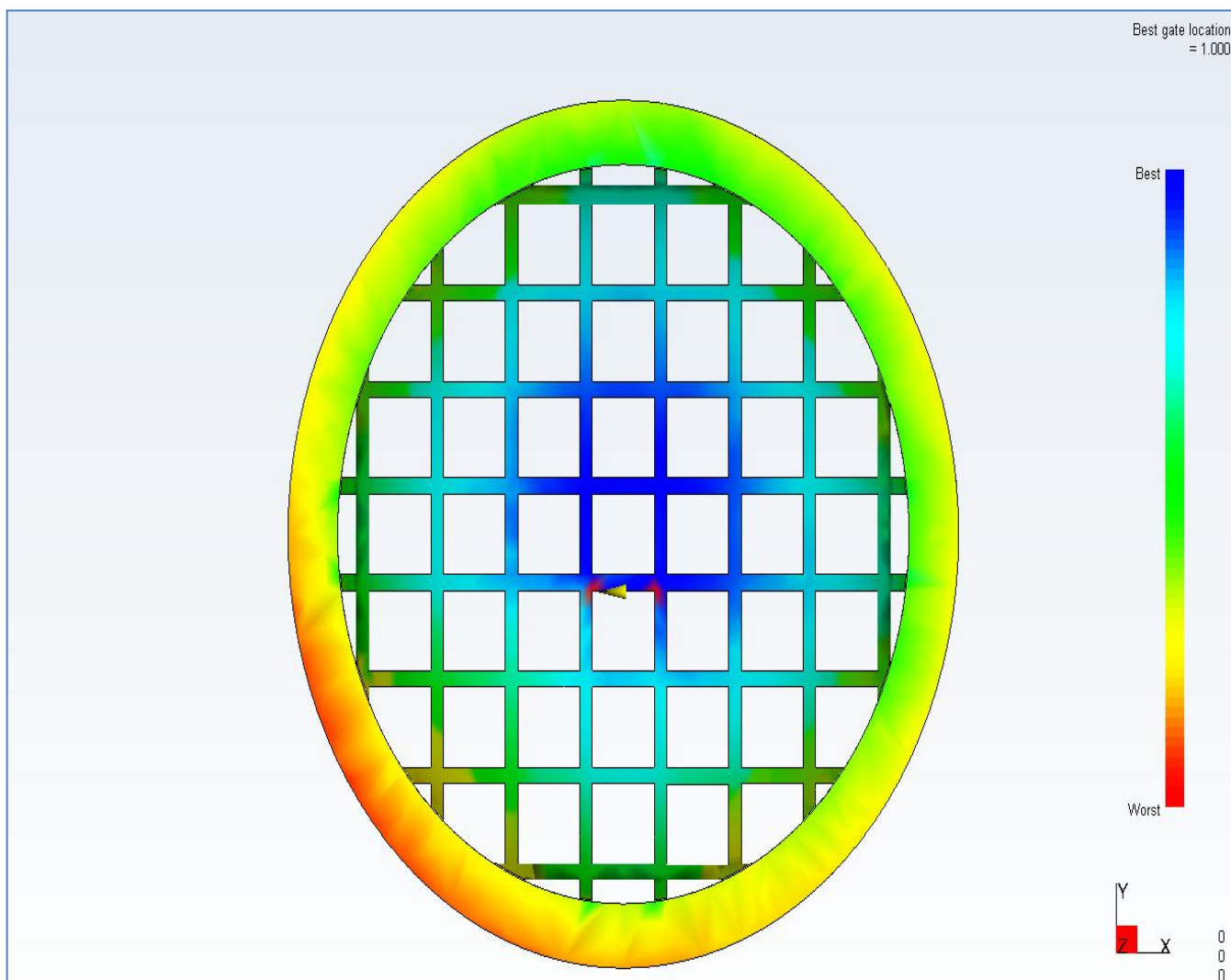
<sup>157</sup> LII Aire atrapado. *idem*.



**Figura A.8.8** Líneas de soldadura <sup>LIII</sup>

En la figura A.8.8<sup>158</sup> referida a las líneas de soldadura, se indica las posibles líneas de unión que aparecerán en la pieza carcasa.

<sup>158</sup> <sup>LIII</sup> Líneas de soldadura. *idem*.

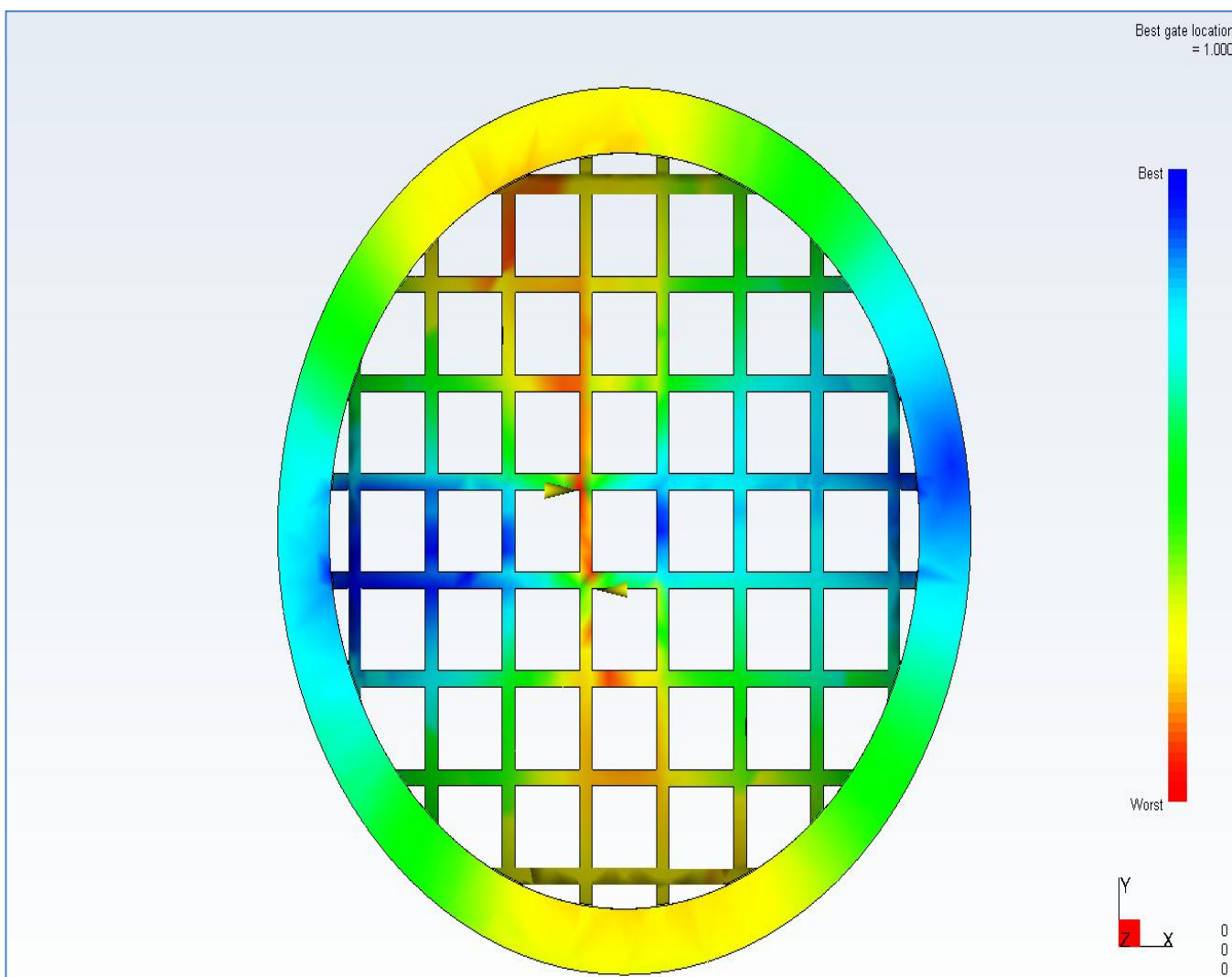


**Figura A.8.9** Simulación de inyección de plásticos de la pieza tapa en un punto<sup>LIV</sup>

La figura A.8.9<sup>159</sup> se observa el mejor punto de inyección en la pieza tapa.

<sup>159</sup> LIV Simulación de inyección de plásticos de la pieza tapa en un punto. *idem*.

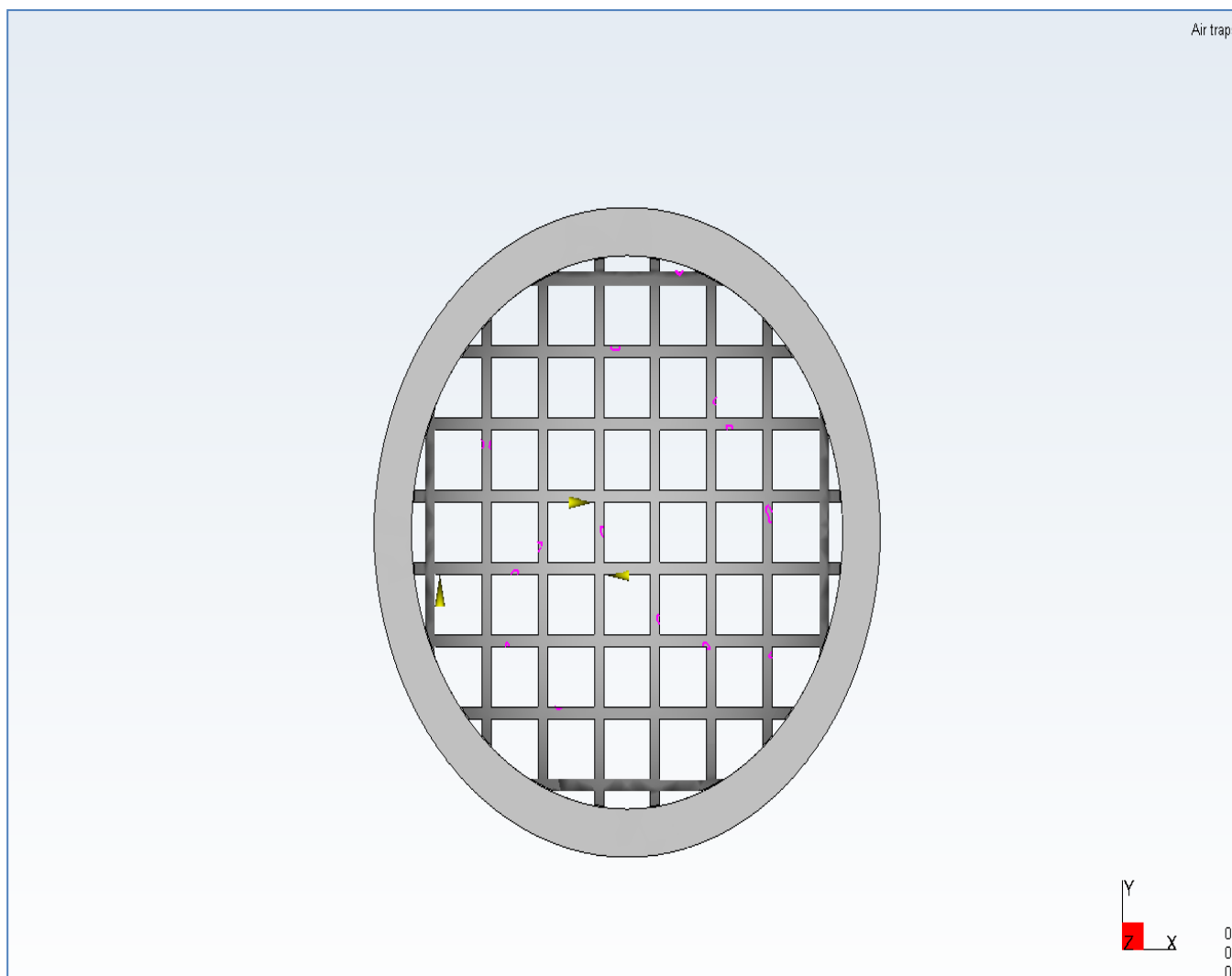




**Figura A.8.10.** Dos puntos de inyección en la pieza tapa <sup>LV</sup>

Se observan los dos mejores puntos de inyección en la pieza tapa en la figura A.8.10<sup>160</sup>.

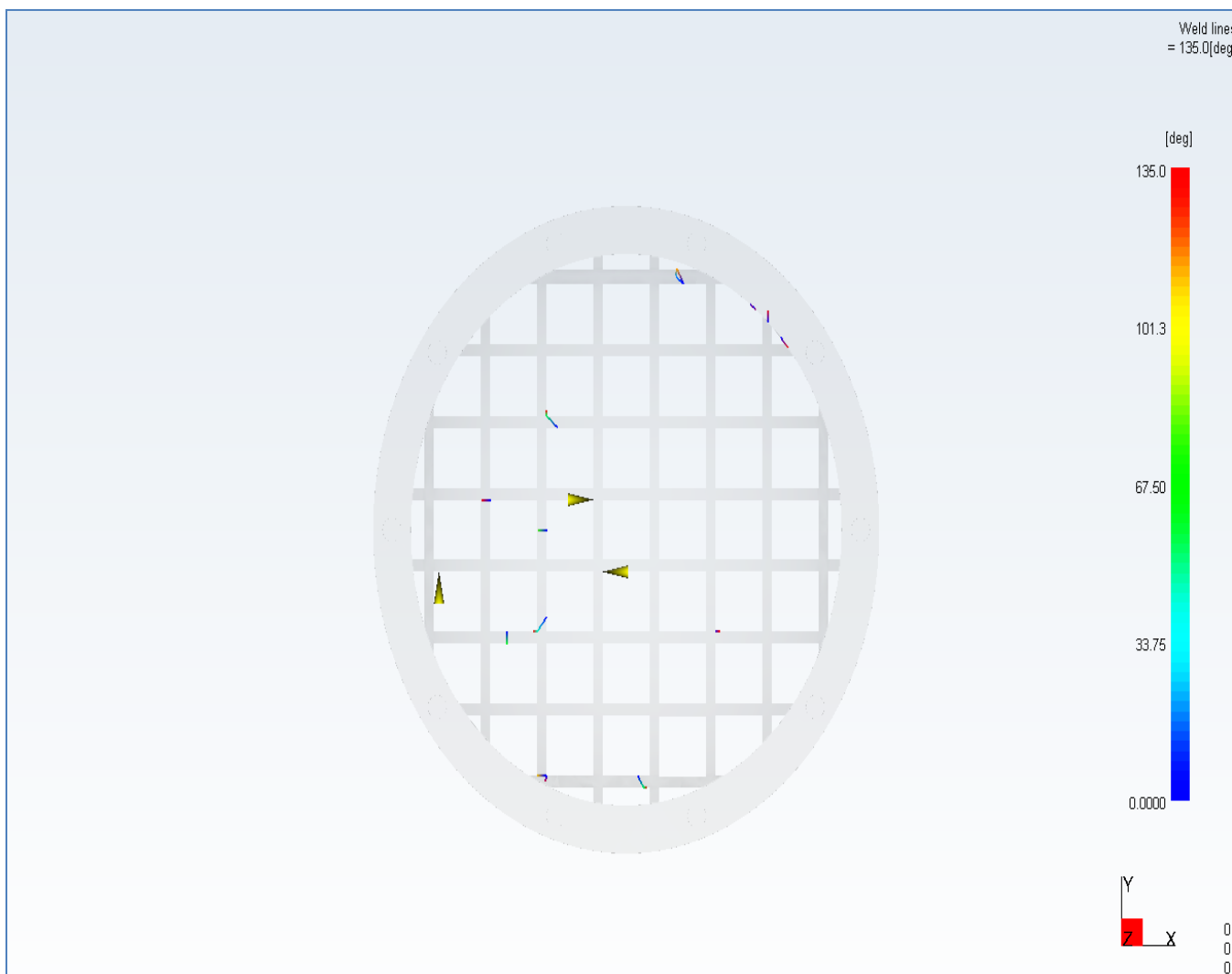
<sup>160</sup> LV Dos puntos de inyección en la pieza tapa. *idem*.



**Figura A.8.11** Aire atrapado<sup>LVI</sup>

En la Figura A.8.11<sup>161</sup> referida al aire atrapado, se muestra los puntos donde quedaran gases atrapados en la pieza tapa.

<sup>161</sup> LVI Aire atrapado. *idem*.



**Figura A.8.12** Líneas de soldadura <sup>LVII</sup>

En la figura A.8.12<sup>162</sup> referida a las líneas de soldadura, se indica las posibles líneas de unión que aparecerán en la pieza de la tapa.

<sup>162</sup> LVII Líneas de soldadura. *idem*.

## **A.9 Proyectos de pequeños aerogeneradores**

## **A.10 Productos análogos para automóvil**



LVIII

#### Turbina Austaliana

- La turbina es lo suficientemente pequeña para colocarla en el techo de una casa, tiene además, las palas rotativas cubiertas, no es un molino de viento.
- Sus dimensiones son: un metro de largo por medio metro de alto.



LIX

#### Honeywell wind turbine

- Turbina eólica que pesa 40 kilos y mide 2 m de diámetro.
- Su costo es de 4500 dólares y 1500 de instalación, genera 2000 kWh en un año.
- Funciona con un amplio rango de velocidades de viento, no importa si el viento es lento o muy fuerte. Con una brisa produce electricidad.
- La electricidad se genera por los magnetos que estan ubicados alrededor del marco, dentro del cual giran las palas.



LX






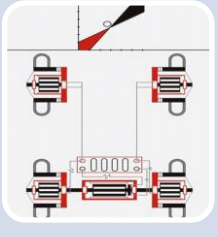
#### Windbelt

- Proyecto que no necesita de un elemento rotatorio para generar electricidad.
- Funciona con vientos de sólo 15 km/h, genera 40 miliwatts. Tiene una longitud de 60 cm y su grosor es de 5 cm.
- Uno de los extremos de la cuerda está unido con un juego de imanes y bobinas, que pueden moverse por las vibraciones de la cuerda. El proceso es inverso al utilizado por los altavoces para generar movimiento a partir de la electricidad. Esto significa que el movimiento de la bobina respecto de un imán fijo induce en está una corriente electrica.

163 URL de Imágenes

**Tabla A.9** Proyectos de pequeños aerogeneradores

163 LVIII Turbina Australiana [[http://www.fayerwayer.com/up/2007/07/turbina\\_eolica.jpg](http://www.fayerwayer.com/up/2007/07/turbina_eolica.jpg)]  
 LIX Honeywell wind Turbine [[http://greenupgrader.com/files/2010/02/windtronics\\_roof.jpg](http://greenupgrader.com/files/2010/02/windtronics_roof.jpg)]  
 LX Windbelt [<http://thefutureofthings.com/upload/image/news/windbelt-technology-good-vibrations/windbelt-technology-illustr.jpg>]

					
LXI	LXII	LXIII	LXIV	LXV	LXVI
<p><b>Amortiguador</b></p> <p>El fluido del sistema hidráulico es conducido a una turbina, fijada al generador.</p>	<p><b>Freno</b></p> <p>Cada vez que se pisan los frenos, retoman la energía de las ruedas y la convierten en electricidad.</p>	<p><b>Celdas Fotovoltaicas</b></p> <p>Generan energía eléctrica a partir de la luz que incide sobre ellas. Su rendimiento alcanza 20%.</p>	<p><b>Generador del Automóvil</b></p> <p>Produce electricidad para el consumo del vehículo, genera corriente alterna.</p>	<p><b>Inducción Magnética</b></p> <p>Se utilizan dos bobinas para transmitir energía. Se emplean en distancias cortas.</p>	<p><b>Auto-Generador</b></p> <p>Automóvil que en sus ruedas tienen un generador conectado una vara al aro del neumático. Al acelerar el vehículo estas varas transmiten el movimiento al generador.</p>

<sup>164</sup>URL

**Tabla A.10** Productos análogos para automóvil

<sup>164</sup> LXI Amortiguador

[<http://web.mit.edu/newsoffice/2009/shock-3-enlarged.jpg>]

LXII Freno

[[http://www.powerzone.com.uy/articulos/varios/frenos%20ceramicos/frenos\\_pccb%20\(7\).jpg](http://www.powerzone.com.uy/articulos/varios/frenos%20ceramicos/frenos_pccb%20(7).jpg)]

LXIII Celdas Fotovoltaicas

[[http://img.archiexpo.es/images\\_ae/photo-m2/modulo-fotovoltaico-monocristalino-127956.jpg](http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-m2/modulo-fotovoltaico-monocristalino-127956.jpg)]

LXIV Generador del Automóvil

[<http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/generador/alternador.jpg>]

LXV Inducción Magnética

[<http://www.neoteo.com/images/Cache/84AEx900y900.jpg>]

LXVI Autogenerado

[<http://img.teoriza.com/blogs/coche-el%C3%A9ctrico-que-autogenera-electricidad.jpg>]

## **A.11 Problemas y soluciones en la inyección de plásticos**

## **A.12 Proyección de participación de tecnología en la capacidad de generación en el sistema eléctrico nacional 2008 vs 2024**

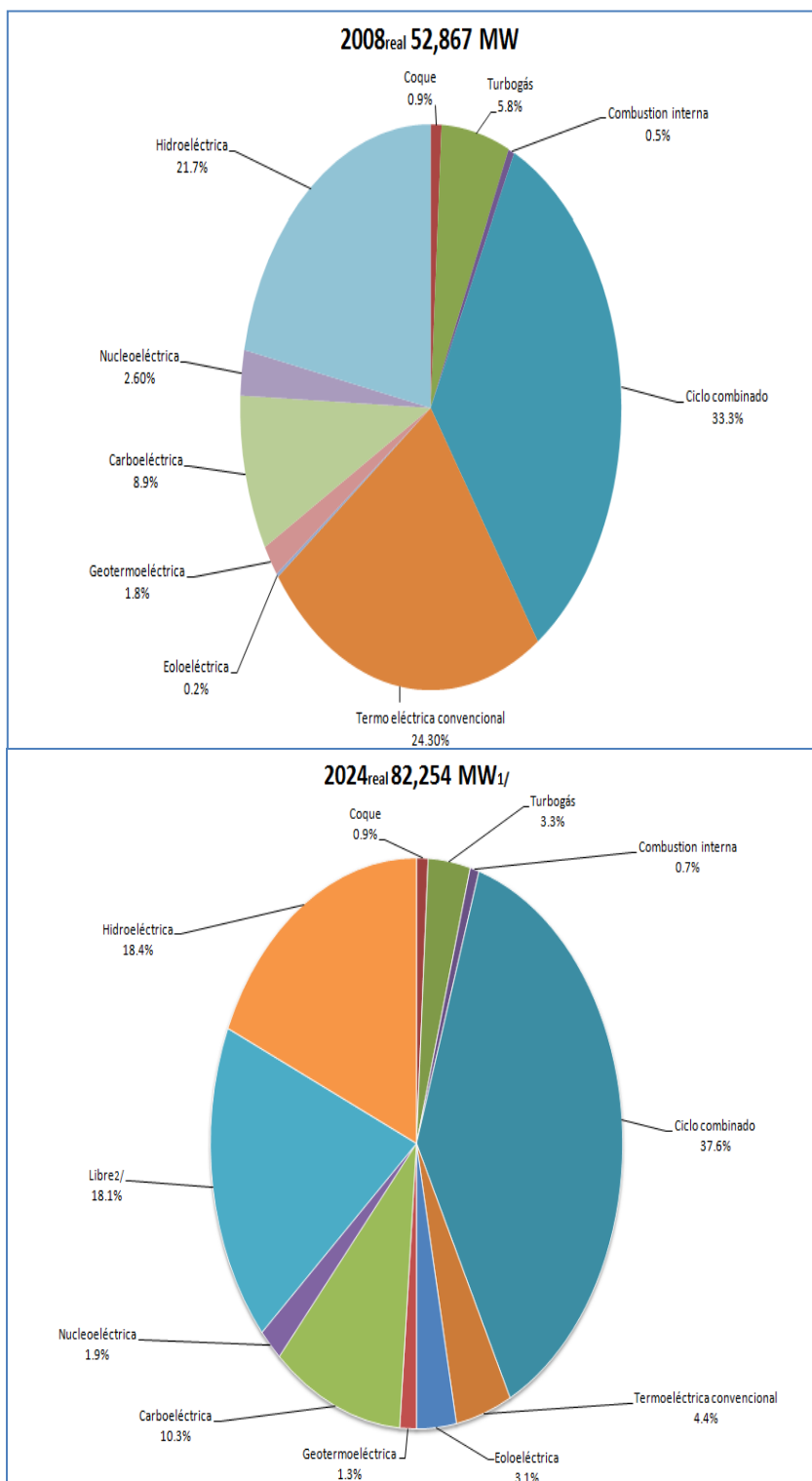
Imperfección	Causas Posibles	Probable Soluciones
Enchuecamiento	Enfriamiento demasiado intenso. Diseño inadecuado de la pieza. Tiempo de enfriamiento cortó. Sistema de extracción inapropiado. Esfuerzos en el material.	Incrementar el tiempo de enfriamiento dentro del molde. Utilizar un polímero reforzado.
Rebaba o flash	Presión de cierre baja.	Incrementar la presión de la unidad de cierre.
Línea de flujo	Mala dispersión del concentrado de color o del pigmento. Temperatura baja.	Cargar el material más lentamente. Aumentar la temperatura del barril. Modificar el perfil de temperaturas.
Puntos negros	Hay carbonizaciones.	Purgar el husillo. Reducir la temperatura de proceso. Limpiar el husillo manualmente.
Piel de naranja	Incompatibilidad del material.	Disminuir la temperatura de proceso. Incrementar la temperatura del molde. Cambiar el concentrado de color.
Parte incompleta	Insuficiente material en la cavidad. Falta de material en la tolva. Cañón demasiado pequeño. Temperatura baja. Obstrucción de la tolva o de la boquilla. Válvula tapada. Tiempo de sostenimiento corto. Velocidad de inyección baja. Canales pequeños. Respiración insuficiente.	Inyectar más material. Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad. Incrementar la temperatura del barril. Aumentar la velocidad de inyección. Modificar el tamaño de los canales del molde.
Parte con rebabas	Dosificación excesiva. Temperatura de inyección alta. Presión de inyección alta. Tiempo de inyección largo. Temperatura de molde alta.	Dosificar el material. Disminuir la temperatura, el tiempo de inyección y la presión así como la temperatura del molde.
Rechupados y huecos	Presión de inyección baja. Tiempo de sostenimiento de presión corto. Velocidad de inyección baja. Material sobrecalentado. Humedad. Enfriamiento del molde no uniforme. Canales o compuerta pequeños. Mal diseño de la pieza.	Incrementar la presión, el tiempo de sostenimiento de presión. Disminuir la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Abrir el venteo o pre-secado el material. Modificar los canales de enfriamiento del molde o el flujo del agua.
Líneas de unión	Temperatura general baja en el molde. Temperatura del fundido no uniforme. Presión de inyección baja. Velocidad de inyección baja. Insuficiente respiración en la zona de unión de los flujos encontrados. Velocidad de llenado no uniforme. Flujo no adecuado del material por los canales o la cavidad.	Incrementar la temperatura, la presión y la velocidad de inyección. Modificar la respiración del material en el molde y la compuerta para uniformar el flujo.
Degradación por aire atrapado	Humedad. Degradación de aditivos. Temperatura alta. Respiración del molde insuficiente.	Secar el material. Disminuir la temperatura. Modificar la respiración del molde.
Delaminación de capas	Temperatura baja. Velocidad de inyección baja. Baja contrapresión de la máquina. Temperatura del molde baja.	Incrementar la temperatura, la velocidad de inyección y la compresión de la máquina.



Fracturas o grietas en la superficie	Temperatura del molde baja. Sistema de eyección agresivo o inadecuado. Empacado excesivo.	Incrementar la temperatura. Modificar las barras eyectoras. Utilice un robot para extraer la pieza. Disminuir la presión de sostenimiento.
Marcas de las barras eyectoras	Tiempo de enfriamiento corto. Temperatura del molde alta. Temperatura del polímero alta. Rapidez de eyección alta. Localización inadecuada de las barras eyectoras.	Incrementar el tiempo de enfriamiento. Disminuir la temperatura del fundido, la rapidez de eyección. Modificar la ubicación de las barra eyectoras.
Quemado de la pieza	Quemado por efecto de jet.	Disminuir la velocidad de inyección.
El concentrado de color no se mezcla	Perfil incorrecto de temperaturas.	Probar un perfil inverso de temperaturas. Bajar la temperatura de las primeras dos zonas de la unidad de inyección. Usar un perfil de temperaturas más agresivo.
El color es más oscuro	La temperatura alta. La compuerta es demasiado pequeña y se quema el polímero por presión.	Disminuir la temperatura. Modificar la compuerta del molde.

**Tabla A.11** Problemas y soluciones en la inyección de plásticos

Fuente: Téllez Salero, Salvador. *Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos*.



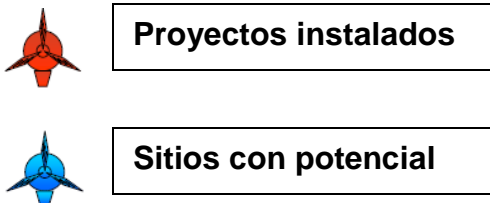
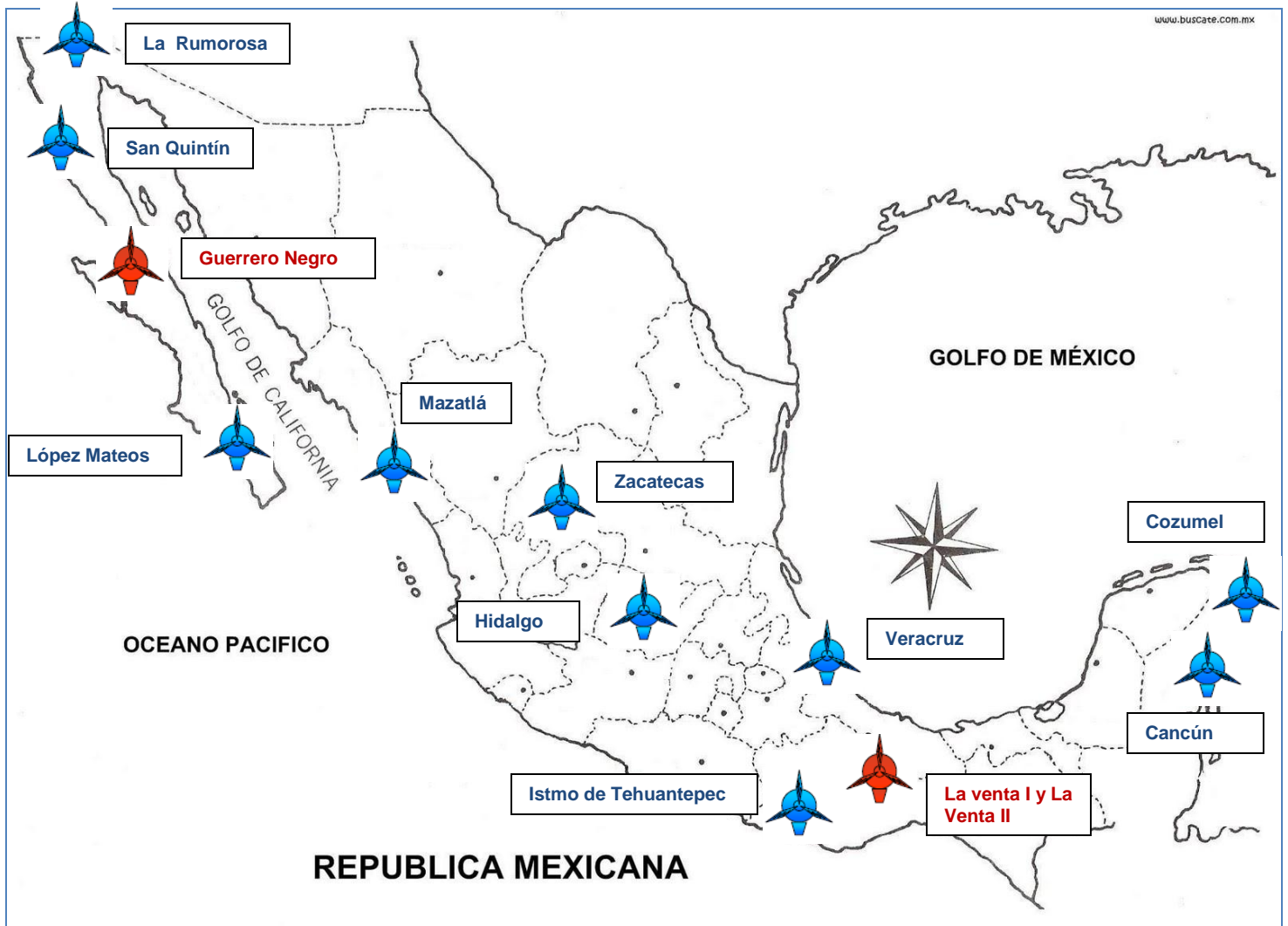
1/ Incluye 160MW de TG en el área Central e incrementos en RM de Laguna verde, Rio Bravo, CH Villita y CH Infiernillo (406MW).

2/ La tecnología de estos proyectos se definirá posteriormente. Algunas opciones posibles son: ciclo combinado (utilizando gas natural, gas natural licuado, residuos de vacío, etcétera), carboeléctrica, nucleoeléctrica, fuente de energía renovable y la importación de energía.

**Figura A.12.** Proyección de participación de tecnología en la capacidad de generación en el sistema eléctrico nacional 2008 vs 2024

Fuente Comisión Federal de Electricidad. (2010).

## **A.13 Aprovechamiento y potencial eólico en México**



Fuente: Comisión Federal de Electricidad. (2011).

En 2050 México tendrá una capacidad de 300,000 MW, provenientes de la energía eólica, con lo que probablemente se dejarán de quemar 120 millones de barriles de petróleo diariamente. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) y diversas compañías aprovecharán el viento para generar electricidad en México, la cual será destinada para autoconsumo o para vender a la CFE dado que el marco

regulatorio de México prohíbe la venta directa entre particulares. Los proyectos de energía eólica en México van ir creciendo a lo largo de los años, siendo que por ejemplo desde 1994 fue construido el primer parque eólico denominado La Venta en el istmo de Tehuantepec, en tanto que hay proyectos para construir diversos parques eólicos en el país del 2012 al 2014. La mayoría de estos proyectos van a ser instalados en el estado de Oaxaca debido al elevado potencial eólico registrado en esta zona.

Sin embargo en México existen diversos lugares que tiene un gran potencial para generar electricidad con medios eólicos como puede ser los siguientes: <sup>165</sup>

- a) Sursureste del Istmo de Tehuantepec
- b) Baja california sur
- c) Península de Yucatán
- d) Zacatecas
- e) Costa del Pacífico
- f) Golfo de México

---

<sup>165</sup> Proyectos Eólicos en México 2011.  
[<http://amdee.org/Proyectos/Proyectos%20Elicos%20en%20Mexico%202011.pdf>]

## **A.14 Planos**

Cuando se presentó el MiniTurbi en la especialidad surgieron diversos problemas con el prototipo,<sup>166</sup> para mostrarlo en la maestría se efectuaron algunos cambios y correcciones al prototipo para optimizarlo como:

1. Diseño: En la especialidad se realizó una hélice de cuatro aspas, se constató que el diseño tenía demasiadas fallas al hacer el análisis de elemento finito, por lo anterior se experimentó con diferentes diseños de hélices, para observar cual tenía mejor rendimiento y mayor funcionalidad en las condiciones a las que se debe someter.
2. Costo: Se redujo el número de piezas para mitigar los costos del MiniTurbi, debido a que algunas funciones de ciertas piezas podrían ser realizadas por otras, se rediseñó con algunos cambios por lo que los costos (\$) y el peso (kg) del prototipo se verían disminuidos.

La finalidad del prototipo rápido a escala 1:3 que se desarrolló en la especialidad en una impresora 3D, fue la de observar si las piezas realmente ensamblaban, y determinar si el diseño desarrollado en los programas CAD era preciso además, en estos programas se hizo también el análisis de interferencia para detectar posibles obstáculos en conjuntos o ensamblajes, determinando el volumen real de la interferencia entre dos o más componentes. Al imprimir las piezas se constató que tenían problemas, dado que el grosor del polvo y el aglutinante de la impresora 3D, influyeron en el ensamble del MiniTurbi, debido a que el grosor diseñado y el real diferían drásticamente.

Los derechos de patente son exclusivos de la UAM, por lo que para la consulta respectiva se deberán pagar los derechos correspondientes.

---

<sup>166</sup> Consultar Aguirre Contreras, Javier. (2010). *MiniTurbi*. Tesis de Especialidad. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México DF. 60 pp.

## **CURRICULUM VITAE**

### **DATOS GENERALES**

NOMBRE:	<b>Javier Aguirre Contreras</b>
EDAD:	<b>25 años</b>
ESTADO CIVIL:	<b>Soltero</b>
NACIONALIDAD:	<b>Mexicana</b>
DIRECCION:	<b>Campesino No.2 San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México</b>
TELEFONO:	<b>(01-595) 92-8-41-82</b>
CORREO ELECTRONICO:	<b><a href="mailto:aguirre_jack@hotmail.com">aguirre_jack@hotmail.com</a></b>

### **INFORMACION ACADEMICA**

<b>Ultimo Grado de Estudios:</b>	<b>Especialidad en Diseño Industrial (2009-2010)</b> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco
----------------------------------	---

<b>Estudios que realiza actualmente</b>	<b>Maestría en Diseño</b> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco
---	--

### **EXPERIENCIA**

<b>Servicio Social:</b>	<b>Comisión Federal de Electricidad</b> <b>Central Termoeléctrica Valle de México</b> Departamento de Instrumentación y Control (Julio 2008-Enero2009)
-------------------------	---

### **IDIOMAS**

<b>Ingles:</b>	<b>70%</b>
----------------	------------

### **PAQUETERIA**

- **Microsoft Office**
- **Solidworks**
- **AutoCad**
- **Inventor**
- **Catia**